



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

MEMORIA

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## 1. MEMORIA

### ÍNDICE

1.1 INTRODUCCIÓN .....	4
1.1.1 OBJETO DEL PROYECTO .....	4
1.1.2 SITUACIÓN .....	4
1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE .....	4
1.1.5 SUPERFICIE .....	5
1.1.6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD. ....	5
1.1.7. SUMINISTRO DE ENERGÍA. ....	5
1.1.8. PREVISIÓN DE CARGAS. ....	6
1.1.9. NORMATIVA .....	7
1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	7
1.3. ALUMBRADO.....	8
1.3.1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS .....	8
1.3.3. PROCESO DE CÁLCULO .....	11
1.3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA.....	11
1.3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN .....	12
1.3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA.....	14
1.3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO .....	17
1.3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL .....	17
1.3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	19
1.3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR .....	22
1.3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS .....	22
1.3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS .....	23
1.3.4. ALUMBRADO INTERIOR .....	23
1.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS.....	23
1.3.4.2. TABLAS RESUMEN.....	32
1.3.5 ALUMBRADO EXTERIOR.....	35
1.3.5.1 SOLUCIÓN EMPLEADA .....	37
1.3.6 ALUMBRADOS ESPECIALES .....	37
1.3.6.1 SOLUCIÓN EMPLEADA .....	38
1.3.6.2. TABLAS RESUMEN.....	46
1.4 CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	48
1.4.1 INTRODUCCIÓN .....	48
1.4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES .....	49
1.4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES .....	50
1.4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS ITC BT 19 .....	50
1.4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN ITC BT 19 .....	51
1.4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN.....	52
1.4.4.1 CANALIZACIONES.....	52
1.4.4.2 TUBOS PROTECTORES .....	52
1.4.5 RECEPTORES ITC BT 43 .....	54
1.4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO ITC BT 44 .....	54
1.4.5.2 RECEPTORES A MOTOR ITC BT 47 .....	55
1.4.6 TOMAS DE CORRIENTE.....	55



1.4.6.1 INTRODUCCIÓN:	55
1.4.6.2. TIPOS DE TOMAS DE CORRIENTE:	55
1.4.6.3. SITUACIÓN Y NÚMERO DE TOMAS DE CORRIENTE:	55
1.4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES	56
1.4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE	57
1.4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO ITC BT 21	57
1.4.10 SOLUCIONES ADOPTADAS	58
1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN	59
1.5.1 INTRODUCCIÓN	59
1.5.2 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	60
1.5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS	60
1.5.2.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS	61
1.5.2.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	62
1.5.3 PROTECCIÓN DE PERSONAS	64
1.5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS	65
1.5.3.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	66
1.5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA	66
Cuadro general de distribución:	67
Cuadro auxiliar 1: oficinas norte.	70
Cuadro auxiliar 1.1: oficinas norte planta baja.	77
Cuadro auxiliar 1.2: oficinas norte planta segunda	82
Cuadro auxiliar 2: oficinas sur.	86
Cuadro auxiliar 3: alumbrado almacén.	94
Cuadro auxiliar 4: alumbrado producción y muelles.	97
Cuadro auxiliar 6: oeste.	103
Cuadro auxiliar 7: a cuadros T.C. nave.	109
Cuadro T.C. Nave. (9 unidades):	112
1.6 PUESTAS A TIERRA	113
1.6.1 INTRODUCCIÓN	113
1.6.1.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA	114
1.6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA	115
1.6.2 ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA	117
1.6.3 SOLUCIÓN ADOPTADA	118
1.7 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	118
1.7.1 GENERALIDADES	118
1.7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA	118
1.7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA	119
1.7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS	119
1.7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS	119
1.7.3.3. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN	119
1.7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN	120
1.7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN	120
1.7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN	120
1.7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR	121
1.7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN	121
1.7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA	121
1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	122
1.8.1 INTRODUCCIÓN	122





1.8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	123
1.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS.....	123
1.8.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	123
1.8.4.1 OBRA CIVIL.....	123
1.8.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	126
1.8.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN .....	126
1.8.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA APARATURA DE MEDIA TENSIÓN ...	126
1.8.5.3 CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN.....	128
1.8.6 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN .....	131
1.8.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	131
1.8.7.1 INTRODUCCIÓN .....	131
1.8.7.2 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO .....	132
1.8.7.3 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO .....	132
1.8.7.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	133
1.8.8 INSTANCIAS.....	133
1.8.9 APARATOS DE MEDIA TENSIÓN.....	133
1.8.10 AISLAMIENTO .....	133
1.8.11 INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	134
1.9 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN .....	135

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este proyecto fin de carrera relativo a la instalación eléctrica en baja tensión y centro de transformación, será el de facilitar los datos y características técnicas para su realización.

Se trata de una nave destinada al montaje de módulos fotovoltaicos y su almacenaje.

### **1.1.2 SITUACIÓN**

El proyecto se sitúa en el polígono Barranquiel, en el área industrial AR7A de Tafalla (Navarra). Este polígono se encuentra junto al acceso sur a la autopista AP-15 en Tafalla y linda con la carretera N-121.

### **1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE**

La nave en la que se desarrollará la actividad es limítrofe a otras parcelas en las que se encuentran otras naves, en las que se desarrollan actividades también de tipo industrial.

La nave es de forma rectangular y está formada por 3 partes diferenciadas: planta baja (nave), un edificio de oficinas de 3 plantas en la zona norte y una planta baja y entreplanta de vestuarios y oficinas en la zona sur.

Las características constructivas de la nave son las siguientes:

- La zona delantera de la nave está formada por un edificio de 3 plantas y a continuación se encuentra la nave en sí.
- El resto de la nave está constituida por pórticos hormigón de 40.5m de anchura colocados a una distancia de 10.5 metros por pilares de hormigón. Cada pórtico está formado por dos pilares laterales.
- La estructura de cubierta es de panel sándwich y tragaluces. La estructura es a dos aguas.
- La altura libre mínima de la nave correspondiente a los laterales de los pórticos es de 6 metros.
- Las paredes de los edificios de oficinas que separan los distintos despachos son de pladur.
- El suelo de la nave es de hormigón pintado. La zona de oficinas norte y sur se halla pavimentada con cerámica.
- El suelo en las oficinas es de tipo desmontable.
- La parcela posee dos accesos para vehículos de forma directa desde la calle del polígono: uno en la zona sur para el acceso de camiones a la zona de muelles y otro en la zona norte para el acceso de coches. Estas puertas son correderas.
- El acceso de peatones a la zona de oficinas norte se realiza a través de una puerta peatonal giratoria en fachada. Además, existe una puerta peatonal de 60 cm de anchura total dotada de barras antipánico, situada junto a la puerta giratoria.

### 1.1.5 SUPERFICIE

La planta de la nave es rectangular de dimensiones 40,5 m de ancho por 170,82 m de largo y una superficie en planta de 6921,34 m<sup>2</sup>. Se proyectan, asimismo una serie de edificios auxiliares con una superficie de planta de 123,54 m<sup>2</sup> la superficie en planta es de 7044,88m<sup>2</sup>. La superficie de entreplantas es de 1418,20 m<sup>2</sup>. La superficie total construida considerando entreplantas es de 8463,08 m<sup>2</sup>.

Dentro de la instalación existen cuatro zonas diferenciadas: Zona de almacenamiento, Zona de producción, Edificio representativo fachada anterior del edificio (norte) y edificio representativo de la fachada posterior del edificio (sur), tal y como se especifica en los planos.

A continuación describimos los edificios representativos:

Edificio representativo (zona Norte, edificio oficinas). Este edificio consta de 3 plantas (planta baja, planta primera y planta segunda): la planta es de forma rectangular de dimensiones 40,50 m de ancho por 14,43 m de largo y una superficie en planta de 584,41 m<sup>2</sup>.

Edificio representativo (zona Sur, edificio oficinas). Este edificio tiene 2 plantas (planta baja y planta primera): la forma es rectangular de dimensiones 30 m de ancho por 11,05 m de largo y una superficie en planta de 331,49 m<sup>2</sup>.

### 1.1.6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

La actividad a desarrollar en esta nave industrial será el montaje y almacenaje de módulos fotovoltaicos.

### 1.1.7. SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.



### 1.1.8. PREVISIÓN DE CARGAS.

<b>Fuerza</b>	<b>Potencia consumida (W)</b>
Soldadora automática 1	20000
Soldadora automática 2	20000
Soldadora automática 3	20000
Puerta nave 3	750
Puerta nave 4	750
Muelle 1	750
Muelle 2	750
Puerta nave 1	750
Puerta nave 2	750
Enmarcadora 1	10000
Enmarcadora 2	10000
Colocadora 1	10000
Colocadora 2	10000
Banda transportadora	10000
Compresor	10000
Laminadora 1	8000
Laminadora 2	8000
Laminadora 3	8000
Simulador 1	5000
Simulador 2	5000
Simulador 3	5000
<b>Total Fuerza</b>	<b>163500</b>

<b>Alumbrado</b>	<b>Potencia consumida (W)</b>
Oficinas norte	27240
Oficinas sur	7064
Almacén	25248
Producción	17424
Muelles	1200
<b>Total Alumbrado</b>	<b>78176</b>

<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b><u>241676 W</u></b>
---------------------------------	------------------------

### 1.1.9. NORMATIVA

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.  
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002
- REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.
- NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.
- NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN, así como la NORMA TECNOLÓGICA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA.
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES. Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones

### 1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la apartamentada encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. Existen 3 tipos de esquemas de distribución, el TT el IT y el TN.

El sistema elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del REBT 2002.)

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.

La solución más segura sería elegir el esquema IT, pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación a la instalación nos hace desechar esta opción.

Por otro lado, el esquema TN se desecha, ya que, es muy parecido al TT y éste último es el más utilizado en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene

en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones. También la ventaja del régimen TT es que la seguridad de la instalación está en función de la resistencia de utilización, la del usuario (Ru), es decir, la podemos vigilar y controlar, la seguridad está en nuestras manos, bajo nuestra responsabilidad.

### **1.3. ALUMBRADO**

#### **1.3.1. INTRODUCCIÓN**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- a) La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- d) Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

#### **1.3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS**

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre luminotecnica, como son:

- Flujo radiante ( $\phi$ ):

Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (W).

- Flujo luminoso ( $\phi_v$ ):

Es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el Lúmen (Lm).

- **Lúmen:**

Es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estereo-radián.

- **Angulo sólido (w):**

Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r, y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estereo-radián.

$$w = \frac{S}{r^2}$$

$$\phi_v = I \times w$$

Siendo:

w: ángulo sólido.

S: superficie de la base del cono.

r: radio de la base del cono.

I: intensidad lumínica.

$\phi_v$  : flujo luminoso.

- **Energía radiante ( $Q_e$ ):**

Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).

- **Cantidad de luz ( $Q_v$ ):**

Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: Lúmen por segundo (Lm\* sg) o Lúmen por hora (Lm\* hora).

- **Intensidad luminosa (I):**

Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la Candela (Cd).

- **Candela (Cd):**

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \cdot 10^{12}$  Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  w\* estereo-radián.

- **Distancia luminosa:**

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- **Iluminancia (E):**

Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).



$$E = \frac{\phi_v}{S}$$

- **Lux (Lx):**

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lúmen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1\text{Lux} = \frac{1\text{ Lm}}{1\text{ m}^2}$$

- **Luminancia:**

Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es  $\text{Cd} \cdot \text{m}^2$ .

- **Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:**

Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lúmen por vatio ( $\text{Lm}/\text{W}$ ).

Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20  $\text{Lm}/\text{W}$
- Incandescentes con halogenuros (3-10000W): 18- 22  $\text{Lm}/\text{W}$
- Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93  $\text{Lm}/\text{W}$
- Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82  $\text{Lm}/\text{W}$
- Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58  $\text{Lm}/\text{W}$
- Halogenuros metálicos (75-3500W): 60- 95  $\text{Lm}/\text{W}$
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130  $\text{Lm}/\text{W}$
- Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183  $\text{Lm}/\text{W}$

- **Temperatura del color:**

La temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de las lámparas:

- Blanco cálido: 3000 K
- Blanco: 3500K
- Blanco frío: 4200 K
- Luz día: 6500 K



Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halogenuros: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K
- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halogenuros metálicos : 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática:

Es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a = 100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.

Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:  $R_a < 50$  rendimiento bajo; entre 50 y 80 rendimiento moderado; entre 80 y 90 bueno y entre 90 y 100 rendimiento excelente.

### 1.3.3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

#### 1.3.3.1 INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Forma y configuración del local.



- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

### 1.3.3.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realicen en ellos.

Mediante una serie de investigaciones científicas, surgen tablas que relacionan el nivel de iluminación con los distintos locales y las tareas a realizar. Estas tablas nos sirven como guía para poder determinar que iluminación llenará cada local, siendo estas de carácter orientativo ya que siempre se deberá estudiar cada caso.

A continuación se incluye una tabla con los niveles de iluminación según la clase de edificio y la tarea a realizar:

Clase de edificio y tipo de espacio a iluminar	Nivel de iluminación en lux (Lx)
Escuelas:	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres general	500
Aulas de dibujo	1000
Hospitales:	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250
Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
Sala de operación y autopsias:	
Iluminación general	
Puesto de trabajo	1000
Quirófano	mayor 5000
Zona adyacente quirófano	20000-100000
	10000
Hoteles y restaurantes:	
Habitaciones y pasillos	200



Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
Imprenta:	
Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
Locales de trabajo:	
Garajes y aparcamientos	80
Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
Locales de venta y exposición:	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500
Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
Montaje de piezas:	
Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
Oficinas:	
Trabajos de mecanografía	750
Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
Punto y confección:	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
Trabajo de la madera:	

Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

Además hay que destacar que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20 por 100, el nivel menos iluminado de ambos no será inferior a 200 Lx. En el de un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no será inferior a 500 Lx.

### 1.3.3.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA- LÁMPARA

#### 1.3.3.3.1 Sistemas de iluminación

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.

Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben de ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflejada sobre el techo, por ello su empleo está restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con este tipo de iluminación se consigue entre el 60 y el 90 por 100 del flujo luminoso emitido se dirige hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras el resto del flujo luminoso, del 10 al 40 por 100 se dirige hacia el techo y las paredes.

La iluminación difusa, da una importancia creciente al la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40 al 60 por 100 con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40 y el 60 por 100 del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas e los ojos del observador. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60 al 100 por 100 del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tres clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

#### A) Alumbrado general

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica visual. Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución luminosa más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

### B) Alumbrado general localizado

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

### C) Alumbrado suplementario

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.

#### 1.3.3.3.2 Tipos de lámparas

##### A) Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización. Debido al bajo rendimiento luminoso y a su reducida duración, no son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

##### B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define  $T^a$  de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La  $T^a$  de color define únicamente el color (tono) de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el año (2000 horas o más). El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

##### C) Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido, estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales. En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

#### D) Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

#### 1.3.3.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

En toda instalación de alumbrado hay tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Teniendo en cuenta estos tres elementos, se definen tres condiciones de mantenimiento que nos permiten valorar cuantitativamente el factor de mantenimiento o factor de depreciación.

##### 1.3.3.4.1 Factor de mantenimiento bueno

Cuando las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas exentas de polvo y suciedad. Este factor de mantenimiento toma valores comprendidos entre 0,70, ..., 0,80. Típicamente se toma 0,75 o 0,7.

##### 1.3.3.4.2 Factor de mantenimiento medio

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60, ..., 0,70. Típicamente se toma 0,65.

##### 1.3.3.4.3 Factor de mantenimiento malo

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50, ..., 0,60. Típicamente se toma 0,55.

#### 1.3.3.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice local y nos sirve después, para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{A \times L}{h \times (A + L)}$$

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 A \times L}{2 h \times (A + L)}$$

En ambas formulas:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

h = altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la altura de suspensión de la luminaria C, mas la altura de montaje h, y más el 0.85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0.85 \text{ m}$$

Como H y C son datos previos de las instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0.85) \text{ m}$$

Con el de relación del local calculado, lo llevamos a la siguiente tabla y determinamos el índice del local, K:

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00



### 1.3.3.6 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

En general, para su detección, existen valores tabulados según cada fabricante e incluso programas de ordenador. A continuación se expone una tabla con los valores del factor de utilización, en función de los tipos de luminaria más frecuentes, del índice del local y de la reflexión de techos y paredes:

Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, $F_u$							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	B	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
	A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62

Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.61	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58

Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
Luminaria directa con rejilla difusora	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	B	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
	A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55

Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	B	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40
Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	B	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancha (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	B	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64
	A	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.65	0.66	0.62

El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores. Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades exista la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.

Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	70 – 90
Beige claro	70 – 80
Amarillo y crema claro	60 – 75
Verde muy claro	60 – 75
Verde claro	70 – 80
Verde claro y roas	45 – 65
Azul claro	45 – 55
Gris claro	40 – 50
Rojo claro	30 – 50
Marrón claro	30 – 40
Beige oscuro	25 – 35
Marrón, verde, azul oscuros	5 – 20
Negro	3 – 4

### 1.3.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$\phi_t = \frac{E \times L \times A}{F_m \times F_u} \text{ (Lm)}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

L = largo del local en metros.

A = ancho del local en metros.

F<sub>m</sub> = factor de mantenimiento, determinado según se ha visto.

F<sub>u</sub> = factor de utilización, determinado según se ha visto.

### 1.3.3.8 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

Una vez calculado el flujo total  $\phi_t$ , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria  $\phi_i$  (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\phi_t}{\phi_i}$$

### 1.3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

En los locales de aseos, la separación para baños y duchas llega hasta el techo de la planta, y por tanto se han aumentado el número de luminarias para que todas las estancias estén iluminadas.

### 1.3.4. ALUMBRADO INTERIOR

#### 1.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS

- **Nave:**

Luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU K IC SGR IP65 KIT, esta luminaria viene con su lámpara de halogenuros metálicos Philips HPI-P 400W. La luz que emiten estas lámparas es blanca y por lo tanto dan una iluminación más limpia y clara que las de vapor de sodio.

Están recomendadas para alumbrado interior de naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antesalas de aeropuertos y salas de espera de estaciones.

- **Oficinas Norte y oficinas sur:**

Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20 (protegido contra dedos), estas luminarias viene con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

Están recomendadas para tiendas, escuelas, hospitales, oficinas, edificios industriales, etc.

Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V G W2 IP44 (protegido contra cables y salpicaduras de agua), estas luminarias viene con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

Estas luminarias están recomendadas para los mismos lugares que los downlights anteriores, pero las utilizaremos en las estancias con ducha de los baños ya, que resisten las salpicaduras de agua.



Luminaria de empotrar Philips Indolight, TBS330 TL-D. Estas luminarias están preparadas para albergar 4 tubos fluorescentes de 18 W. Son ideales para montar en techos desmontables. Las utilizaremos en gran parte de las oficinas.

Lámpara fluorescente, Philips modelo TL-D 18W/840 HFC, estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil.

Luminaria estanca Philips Isolux-P 4IS120. Estas luminarias están preparadas para albergar 2 tubos fluorescentes de 58 W. Se utilizarán para los vestuarios.

Lámpara fluorescente, Philips modelo TL-D 58W, estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil.

Solución:

#### **Nave:**

- **Almacén:**

-60 luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU K IC SGR IP65 KIT, incluida lámpara.

- **Producción y muelles:**

-45 luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU K IC SGR IP65 KIT, incluida lámpara.

#### **Oficinas norte-planta baja:**

- **Sala de exposiciones:**

-32 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-128 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Gerencia:**

-8 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-32 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **D. administración:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.



▪ **Administración:**

- 10 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 40 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Sala de reuniones:**

- 8 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **D. Comercial:**

- 8 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 32 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Comercial:**

- 6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **D. Técnicos:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Técnicos:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Laboratorio 1:**

- 8 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 32 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Laboratorio 2:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Archivo:**

- 2 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 8 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Recepción:**

- 12 luminarias Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.



▪ **Aseo 1:**

-2 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Aseo 2:**

-2 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Hall aseo 3 y 4:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Aseo 3:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V G W2 (estanca), incluidas lámparas.

▪ **Aseo 4:**

-2 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V G W2 (estanca), incluidas lámparas.

▪ **Hall aseo 1 y 2:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Acceso a fábrica:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo principal:**

-10 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo técnicos:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.





### **Oficinas norte-planta primera:**

- **Gerencia:**

- 12 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 48 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **D. Administración:**

- 6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Administración:**

- 10 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 40 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **D. Comercial 1:**

- 6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **D. Comercial 2:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Sala reuniones 1:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Sala reuniones 2:**

- 9 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 36 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **D. Técnicos:**

- 6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Técnicos 1:**

- 12 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 48 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

- **Técnicos 2:**

- 15 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 60 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.



▪ **Archivo:**

- 6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Oficina:**

- 8 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.
- 32 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Aseo 1:**

- 3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.
- 1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V G W2 (estanca), incluidas lámparas.

▪ **Aseo 2:**

- 3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.
- 1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V G W2 (estanca), incluidas lámparas.

▪ **Pasillo acceso:**

- 1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo principal 1:**

- 8 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo principal 2:**

- 8 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 1:**

- 1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 2:**

- 1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.



▪ **Unión pasillos 3:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2,  
incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 4:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2,  
incluidas lámparas.

**Oficinas norte-planta segunda:**

▪ **Despacho jefe:**

-28 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-112 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **D. Secretaria:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Comedor:**

-8 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-32 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Sala vacía:**

-20 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-80 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Archivo:**

-4 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-16 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Cocina:**

-6 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2,  
incluidas lámparas.

▪ **Sala escaleras:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Aseo 1:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2,  
incluidas lámparas.



▪ **Aseo 2:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo principal 1:**

-8 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo principal 2:**

-8 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 1:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 2:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 3:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Unión pasillos 4:**

-1 luminaria Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

**Oficinas sur-planta baja:**

▪ **Vestuario hombres:**

-11 luminarias Philips Isolux-P 4IS120 2xTL-D58W HFP AC TW3 (estanca)  
-22 tubos fluorescentes Philips TL-D58W

▪ **Acceso fábrica:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.



▪ **Hall:**

-2 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Vestuario mujeres:**

-11 luminarias Philips Isolux-P 4IS120 2xTL-D58W HFP AC TW3 (estanca)  
-22 tubos fluorescentes Philips TL-D58W

**Oficinas sur-planta primera:**

▪ **Oficina general:**

-30 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-120 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Archivo:**

-2 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-8 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Despacho 1:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Despacho 2:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Despacho 3:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Despacho 4:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Despacho 5:**

-6 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.  
-24 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Sala de reuniones:**

-10 luminarias Phillips Indolight, TBS330 TL-D.



-40 tubos fluorescentes Phillips TL-D 18W/840 HFC.

▪ **Aseo 1:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Aseo 2:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Pasillo:**

-3 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

▪ **Hall:**

-4 luminarias Phillips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2, incluidas lámparas.

#### 1.3.4.2. TABLAS RESUMEN

Como resumen de la iluminación interior utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos las siguientes tablas:

NAVE				
	Nº lámparas	Nº luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
<b>Almacén</b>	60	60	400	24000
<b>Producción y muelles</b>	45	45	400	18000
				<b>42000 W</b>

OFICINAS NORTE				
Planta baja	Nº lámparas	Nº luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
<b>Sala exposiciones</b>	128	32	18	2304
<b>Gerencia</b>	32	8	18	576
<b>D. Administración</b>	24	6	18	432
<b>Administración</b>	40	10	18	720



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Daniel Goñi Eguaras  
Memoria

<b>Sala reuniones</b>	16	8	26	416
<b>D. Comercial</b>	32	8	18	576
<b>Comercial</b>	24	6	18	432
<b>D. Técnicos</b>	36	9	18	648
<b>Técnicos</b>	36	9	18	648
<b>Laboratorio1</b>	32	8	18	576
<b>Laboratorio 2</b>	36	9	18	648
<b>Archivo</b>	8	2	18	144
<b>Recepción</b>	24	12	26	624
<b>Aseo 1</b>	4	2	26	104
<b>Aseo 2</b>	4	2	26	104
<b>Hall aseos 3 y 4</b>	2	1	26	52
<b>Aseo 3</b>	8	4	26	208
<b>Aseo 4</b>	6	3	26	156
<b>Acceso a fabrica</b>	6	3	26	156
<b>Hall aseo 1 y 2</b>	2	1	26	52
<b>Pasillo principal</b>	20	10	26	520
<b>Pasillo técnicos</b>	2	1	26	52
				<b>10148 W</b>

<b>OFICINAS NORTE</b>				
<b>Planta primera</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Gerencia</b>	48	12	18	864
<b>D. Administración</b>	24	6	18	432
<b>Administración</b>	40	10	18	720
<b>D. Comercial 1</b>	24	6	18	432
<b>D. Comercial 2</b>	36	9	18	648
<b>Sala reuniones 1</b>	36	9	18	648
<b>Sala reuniones 2</b>	36	9	18	648
<b>D. técnicos</b>	24	6	18	432
<b>Técnicos 1</b>	48	12	18	864
<b>Técnicos 2</b>	60	15	18	1080
<b>Archivo</b>	24	6	18	432
<b>Oficina</b>	32	8	18	576
<b>Aseo 1</b>	8	4	26	208
<b>Aseo 2</b>	8	4	26	208
<b>Pasillo acceso</b>	2	1	26	52
<b>Pasillo principal 1</b>	16	8	26	416
<b>Pasillo principal 2</b>	16	8	26	416



<b>Unión pasillos 1</b>	2	1	26	52
<b>Unión Pasillos 2</b>	2	1	26	52
<b>Unión pasillos 3</b>	2	1	26	52
<b>Unión pasillos 4</b>	2	1	26	52
				<b>9284 W</b>

<b>OFICINAS NORTE</b>				
<b>Planta segunda</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Despacho jefe</b>	112	28	18	2016
<b>D. Secretaria</b>	24	6	18	432
<b>Comedor</b>	32	8	18	576
<b>Sala vacía</b>	80	20	18	1440
<b>Archivo</b>	16	4	18	288
<b>Cocina</b>	12	6	26	312
<b>Sala escaleras</b>	24	6	18	432
<b>Aseo 1</b>	6	3	26	156
<b>Aseo 2</b>	6	3	26	156
<b>Pasillo principal 1</b>	16	8	26	416
<b>Pasillo principal 2</b>	16	8	26	416
<b>Unión pasillos 1</b>	2	1	26	52
<b>Unión Pasillos 2</b>	2	1	26	52
<b>Unión pasillos 3</b>	2	1	26	52
<b>Unión pasillos 4</b>	2	1	26	52
				<b>6848 W</b>

<b>OFICINAS SUR</b>				
<b>Planta baja</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Vestuario hombres</b>	22	11	58	1276
<b>Acceso a fabrica</b>	6	3	26	156
<b>Hall</b>	4	2	26	104
<b>Vestuario mujeres</b>	22	11	58	1276
				<b>2812 W</b>

<b>OFICINAS SUR</b>				
<b>Planta primera</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>



<b>Oficina general</b>	120	30	18	2160
<b>Archivo</b>	8	2	18	144
<b>Despacho 1</b>	24	6	18	432
<b>Despacho 2</b>	24	6	18	432
<b>Despacho 3</b>	24	6	18	432
<b>Despacho 4</b>	24	6	18	432
<b>Despacho 5</b>	24	6	18	432
<b>Sala de juntas</b>	40	10	18	720
<b>Aseo 1</b>	6	3	26	156
<b>Aseo 2</b>	6	3	26	156
<b>Pasillo</b>	6	3	26	156
<b>Hall</b>	8	4	26	208
				<b>5860 W</b>

### 1.3.5 ALUMBRADO EXTERIOR

Al igual que en el alumbrado de interiores, se emplea el método del flujo luminoso sacado del libro llamado LLUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad, cuyo autor es D. José Ramírez Vázquez.

$$\phi = \frac{ExS}{\eta x F_m x \eta_A}$$

Donde:

- $\phi$  → Flujo luminoso unitario de cada lámpara.
- E → Iluminancia media deseada.
- S → Superficie que ilumina cada aparato de alumbrado.
- $\eta$  → Coeficiente de utilización.
- $F_m$  → Factor de mantenimiento.
- $\eta_A$  → Rendimiento de la luminaria.

En la siguiente tabla se indican valores orientativos del nivel de iluminación medio necesario en distintas vías y recintos.

<b>Tipo</b>	<b>Iluminancia E (lux)</b>
Aparcamientos	20
Vías urbanas y provinciales	25 – 28
Vías urbanas de tráfico rápido	30
Autopistas, autovías y carreteras principales	35
Recintos deportivos	100 - 1000

El coeficiente de utilización se halla en tablas en función de las características de la luminaria y del tipo de vía o recinto a iluminar. De todas maneras, pueden considerarse los siguientes valores orientativos.

- Para colocación axial de los focos :  $\eta = 0.5$ .
- Para colocación lateral de los focos:  $\eta = 0.4$ .

La colocación axial está en desuso, y en la colocación lateral existen tres variantes que son tresbolillo, unilateral y bilateral. En este caso se colocarán los focos en disposición unilateral fijados a la fachada de la nave.

La altura recomendada a la que debe colocarse el punto de luz es función del flujo de la lámpara, según la siguiente tabla.

Altura del punto de luz (m)	Iluminancia E (lux)
< 7.5	< 15000
7.5 – 9	15000 – 20000
9 – 12	20000 – 40000
> 12	> 40000

La altura de la luminaria está en relación directa con la anchura de la vía o ancho de la superficie a iluminar y la disposición de los focos, de forma que:

Tipo de colocación	Relación altura / ancho
Unilateral	0.85 - 1
Tresbolillo	0.5 – 0.85
Pareada	0.33 – 0.5

La separación entre aparatos de alumbrado se relacionan con la altura de colocación de los mismos y es función de la iluminación media requerida sobre la superficie a iluminar, como se observa en la siguiente tabla:

Iluminación media, E (lux)	Relación separación / altura
$2 < E < 7$	5 – 4
$7 < E < 15$	4 – 3.5
$15 < E < 30$	3.5 - 2

El factor de mantenimiento lo suministra el fabricante, según el envejecimiento de la lámpara y la cantidad de suciedad que se va acumulando en la luminaria. Como valor orientativo, y para luminaria hermética con lámparas de vapor de mercurio o de vapor de sodio, se puede emplear un factor de mantenimiento de 0.75.



### 1.3.5.1 SOLUCIÓN EMPLEADA

La instalación del alumbrado exterior corre a cargo de la propia empresa, que instalará unas farolas solares que comercializan ellos mismos.

### 1.3.6 ALUMBRADOS ESPECIALES

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen. Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización y de reemplazamiento.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque un número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:

- a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para evacuación de más de 100 personas.

- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- d) Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- f) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- g) Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para cumplir las condiciones del articulado puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de las luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a la que estén instaladas las luminarias comprendida entre 2.00 y 2.50 metros.

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.

Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

#### 1.3.6.1 SOLUCIÓN EMPLEADA

Para llevar a cabo el alumbrado de emergencia se utilizarán los siguientes aparatos autónomos:

- Proyectores autónomos de emergencia estanco Normalux de 2x50w y 1.900 lm. Estos proyectores los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de la nave.
- Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W. Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas norte y sur y para las puertas peatonales de la nave.



La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2.30m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en la planta de producción, que se colocarán a una altura de 6m respecto del suelo.

Solución:

**Nave:**

▪ **Almacén:**

- 12 Proyectoros autónomos de emergencia estanco Normalux de 2x50w y 1.900 lm.
- 6 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W. Puertas peatonales.

▪ **Producción y muelles:**

- 6 Proyectoros autónomos de emergencia estanco Normalux de 2x50w y 1.900 lm.
- 3 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W. Puertas peatonales.

**Oficinas norte-planta baja:**

▪ **Sala de exposiciones:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Gerencia:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **D. administración:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Administración:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Sala de reuniones:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



▪ **D. Comercial:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Comercial:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **D. Técnicos:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Técnicos:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Laboratorio 1:**

-2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Laboratorio 2:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Archivo:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Recepción:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Aseo 1:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Aseo 2:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



- **Hall aseo 3 y 4:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Aseo 3:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Aseo 4:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Acceso a fábrica:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo principal:**

- 5 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo técnicos:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

**Oficinas norte-planta primera:**

- **Gerencia:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **D. Administración:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Administración:**

- 2 Aparatos s de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **D. Comercial 1:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



- **D. Comercial 2:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Sala reuniones 1:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Sala reuniones 2:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **D. Técnicos:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Técnicos 1:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Técnicos 2:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Archivo:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Oficina:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Aseo 1:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Aseo 2:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W





- **Pasillo acceso:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo principal 1:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo principal 2:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

**Oficinas norte-planta segunda:**

- **Despacho jefe:**

- 5 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **D. Secretaria:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Comedor:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Sala vacía:**

- 6 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Archivo:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Cocina:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Sala escaleras:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



- **Aseo 1:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Aseo 2:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo principal 1:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Pasillo principal 2:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

**Oficinas sur-planta baja:**

- **Vestuario hombres:**

- 5 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Acceso fábrica:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Hall:**

- 1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

- **Vestuario mujeres:**

- 5 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

**Oficinas sur-planta primera:**

- **Oficina general:**

- 5 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



▪ **Archivo:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Despacho 1:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Despacho 2:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Despacho 3:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Despacho 4:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Despacho 5:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Sala de reuniones:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Aseo 1:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Aseo 2:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

▪ **Pasillo:**

-2 Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W



▪ **Hall:**

-1 Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W

### 1.3.6.2. TABLAS RESUMEN

Como resumen de la iluminación de emergencia utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos las siguientes tablas:

NAVE				
	Nº lámparas	Nº luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
Almacén	6	6	8	24
	24	12	50	1200
Producción y muelles	3	3	8	24
	12	6	50	600
				<b>1848 W</b>

OFICINAS NORTE				
Planta baja	Nº lámparas	Nº luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
Sala exposiciones	4	4	8	32
Gerencia	1	1	8	8
D. Administración	1	1	8	8
Administración	1	1	8	8
Sala reuniones	1	1	8	8
D. Comercial	1	1	8	8
Comercial	1	1	8	8
D. Técnicos	1	1	8	8
Técnicos	1	1	8	8
Laboratorio1	2	2	8	16
Laboratorio 2	1	1	8	8
Archivo	1	1	8	8
Recepción	1	1	8	8
Aseo 1	1	1	8	8
Aseo 2	1	1	8	8
Hall aseos 3 y 4	1	1	8	8
Aseo 3	1	1	8	8
Aseo 4	1	1	8	8
Acceso a fabrica	2	2	8	16
Pasillo principal	5	5	8	40



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Daniel Goñi Eguaras  
Memoria

<b>Pasillo técnicos</b>	1	1	8	8
				<b>240 W</b>

<b>OFICINAS NORTE</b>				
<b>Planta primera</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Gerencia</b>	2	2	8	16
<b>D.Administración</b>	1	1	8	8
<b>Administración</b>	2	2	8	16
<b>D. Comercial 1</b>	1	1	8	8
<b>D. Comercial 2</b>	2	2	8	16
<b>Sala reuniones 1</b>	2	2	8	16
<b>Sala reuniones 2</b>	1	1	8	8
<b>D. técnicos</b>	1	1	8	8
<b>Técnicos 1</b>	2	2	8	16
<b>Técnicos 2</b>	2	2	8	16
<b>Archivo</b>	1	1	8	8
<b>Oficina</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 1</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 2</b>	1	1	8	8
<b>Pasillo acceso</b>	1	1	8	8
<b>Pasillo principal 1</b>	4	4	8	32
<b>Pasillo principal 2</b>	4	4	8	32
				<b>232 W</b>

<b>OFICINAS NORTE</b>				
<b>Planta segunda</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Despacho jefe</b>	5	5	8	40
<b>D. Secretaria</b>	1	1	8	8
<b>Comedor</b>	2	2	8	16
<b>Sala vacía</b>	6	6	8	48
<b>Archivo</b>	1	1	8	8
<b>Cocina</b>	1	1	8	8
<b>Sala escaleras</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 1</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 2</b>	1	1	8	8
<b>Pasillo principal 1</b>	4	4	8	32
<b>Pasillo principal 2</b>	4	4	8	32



				<b>216 W</b>
--	--	--	--	--------------

<b>OFICINAS SUR</b>				
<b>Planta baja</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Vestuario hombres</b>	5	5	8	40
<b>Acceso a fabrica</b>	2	2	8	16
<b>Hall</b>	1	1	8	8
<b>Vestuario mujeres</b>	5	5	8	40
				<b>104 W</b>

<b>OFICINAS SUR</b>				
<b>Planta primera</b>	<b>Nº lámparas</b>	<b>Nº luminarias</b>	<b>Potencia por lámpara (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>
<b>Oficina general</b>	5	5	8	40
<b>Archivo</b>	1	1	8	8
<b>Despacho 1</b>	1	1	8	8
<b>Despacho 2</b>	1	1	8	8
<b>Despacho 3</b>	1	1	8	8
<b>Despacho 4</b>	1	1	8	8
<b>Despacho 5</b>	1	1	8	8
<b>Sala de juntas</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 1</b>	1	1	8	8
<b>Aseo 2</b>	1	1	8	8
<b>Pasillo</b>	2	2	8	16
<b>Hall</b>	1	1	8	8
				<b>136 W</b>

## **1.4 CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

### **1.4.1 INTRODUCCIÓN**

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones

normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### 1.4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

1. Calentamiento de los conductores.
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

##### 1. Calentamiento de los conductores

Si por un conductor cuya resistencia es “R” ohmios, circula una intensidad de “I” amperios, se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \text{ Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, al material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left( \frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

$\Delta T$  = incremento admisible de la temperatura.

$\Delta T_n$  = incremento de la temperatura en condiciones normales.

$I_n$  = intensidad nominal en condiciones normales.

$I$  = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$



Si la intensidad  $I$  crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura, pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el aumento del incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes reseñados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijadas en las instrucciones complementarias correspondientes a este reglamento.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

## 2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza.

### **1.4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES**

#### **1.4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS**

ITC BT 19

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.



Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### 1.4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

ITC BT 19

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación.

Secciones de los conductores de fase (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con un mínimo de 2.5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</li> <li>- Con un mínimo de 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35 mm<sup>2</sup>, se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm<sup>2</sup>.

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1000 \times U$  ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de por lo menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

#### **1.4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN**

##### **1.4.4.1 CANALIZACIONES**

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados, etc.

##### **1.4.4.2 TUBOS PROTECTORES**

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos. Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70° C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificadas en las tablas de la instrucción ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.



- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

#### **1.4.5 RECEPTORES ITC BT 43**

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación, necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento y controlar esa conexión.

##### **1.4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO ITC BT 44**

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.



- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC BT 44.

#### 1.4.5.2 RECEPTORES A MOTOR ITC BT 47

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

##### 1.4.5.2.1 Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

##### 1.4.5.2.2 Varios motores

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma de 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

#### 1.4.6 TOMAS DE CORRIENTE

##### 1.4.6.1 INTRODUCCIÓN:

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315. Sin embargo, las bases de toma de corriente para uso industrial seguirán lo acordado en la Norma UNA 60309.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

##### 1.4.6.2. TIPOS DE TOMAS DE CORRIENTE:

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T)
- Tomas de corriente monofásicas para los ordenadores.
- Tomas de corriente trifásicas de 32 A a 400 V. (4P+T)

##### 1.4.6.3. SITUACIÓN Y NÚMERO DE TOMAS DE CORRIENTE:

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en las zonas de oficinas norte y oficinas sur. En todas las zonas de la Nave Industrial las tomas de corriente irán a una altura de 1,6 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

Ver situación y número de tomas de corriente en los planos.

### 1.4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.
5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que esté dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal que para la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

Monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi}$$

$$e = \frac{2LI \cos \varphi}{S \gamma}$$

Trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} LI \cos \varphi}{S \gamma}$$

donde:

I = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida (W).

V = tensión nominal (V).

Cos  $\varphi$  = factor de potencia .

e = caída de tensión en voltios.

L = longitud de la línea en metros.

$\gamma$  = conductividad del material del conductor (56 para el cobre, 35 para el aluminio).

S = sección del cable en mm<sup>2</sup>.

### 1.4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

1. El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.

2. La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña).

La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

3. El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación.

Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

### 1.4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO ITC BT 21

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC BT 21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.





Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre si más de 25 metros.

Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

#### 1.4.10 SOLUCIONES ADOTADAS

##### 1. Conductores.

RZ1-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN, (para la acometida).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

RV-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN, (para instalaciones interiores).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.



Las secciones adoptadas, se justifican en el documento CÁLCULOS del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

## 2. Canalizaciones

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes:

### a) Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Irá enterrada bajo tubo en una zanja. Se llevarán tres ternas de cables, cada una constituida por tres fases y neutro, cada una de las fases por tres conductores unipolares de 300 mm<sup>2</sup> y el neutro por tres cables unipolares de 150 mm<sup>2</sup>. Las tres ternas de cables estarán separadas 0.25 metros.

### b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde el C.G.D. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros. Las bajantes a los cuadros auxiliares se hará a través de bandeja portacables y en los últimos 3 metros esta bandeja llevará una tapa para no tener acceso fácil a los conductores y evitar de esta manera peligros.

### c) Derivaciones:

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables y los últimos tres metros de la bajante la bandeja ira con tapa.

Así mismo las derivaciones a la zona de oficinas se realizará a través de una bandeja portacables que irá por encima del falso techo de los pasillos. Al llegar a cada despacho la canalización será de tubo de PVC que irá a través de falso techo y por catas.

## **1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN**

### **1.5.1 INTRODUCCIÓN**

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 22, ITC BT 23, ITC BT 24; se deben considerar las siguientes protecciones:

- a) Protección de la instalación
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.

- b) Protección de las personas
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos.

### 1.5.2 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreesntesidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

#### 1.5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximada que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

### 1.5.2.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

- **Corriente de cortocircuito**

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito mientras este dure.

La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito, la componente de corriente continua se atenúa hasta anularse.

- **Corriente alterna de cortocircuito**

Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

- **Impulso de la corriente de cor-tocircuito**

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

- **Corriente alterna inicial de cortocircuito**

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

- **Corriente permanente de cortocircuito**

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y a la excitación nominal.

- **Potencia inicial de cortocircuito**

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- **Retardo mínimo de desconexión**

Es el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

### - Tipos de cortocircuito según las clases de defecto

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.

### - Impedancia de cortocircuito

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión.

Se admite, no obstante que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 1.5.2.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

#### Ley general

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3}Z_T}$$

Donde:

$I_{cc}$  = corriente de cortocircuito eficaz en KA

$U_s$  = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

$Z_T$  = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en  $m\Omega$ .

### Cálculo de $Z_t$ :

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de:

- Un elemento resistente **R**.
- Un elemento inductivo **X** llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y  $X$ , después se suman aritméticamente por separado. A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las  $R$  es un cateto y la suma de las  $X$  es el otro cateto, la hipotenusa es el valor de  $Z_T$  que estamos buscando y se halla mediante la siguiente fórmula:

$$Z_T = \sqrt{R^2 + X^2}$$

### Determinación de la impedancia “aguas arriba de la red”.

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (500 MVA).

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{P_{cc}}$$

Donde:

$U_s^2$  = tensión en vacío del secundario en voltios.

$P_{cc}$  = potencia de cortocircuito en KVA.

$Z, X$  = impedancia o reactancia aguas arriba en  $m\Omega$ .

### Transformador

Para un cálculo aproximado, se puede despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = U_s^2 \frac{U_{cc}}{S_{100}}$$

Donde:

$U_s$  = tensión en vacío entre fases en voltios.

$U_{cc}$  = tensión de cortocircuito en % (4%)

$S$  = potencia aparente en KVA (800 KVA)

$Z, X$  = impedancia o reactancia al secundario en  $m\Omega$ .

La resistencia del transformador es despreciable

La resistencia y reactancia de todo el aparellaje de alta tensión lo consideramos despreciable.

### Conductores

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

R = resistencia del conductor ( $\Omega$ ).

$\rho$  = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia

$$X = 0.15 \times L$$

Donde:

X = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25 mm<sup>2</sup> se podría despreciar la reactancia)

## 1.5.3 PROTECCIÓN DE PERSONAS

Siempre que existe entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir de dos formas posibles:

a) Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.

b) Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Diversos estudios se han realizado para determinar con exactitud, los valores peligrosos en intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores superiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos superiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y



de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximos de contacto que son:

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

#### 1.5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20.460 que son:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.
- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20.324.
- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; el empleo de dispositivos de corriente diferencial- residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

#### 1.5.3.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución; siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- El punto neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

$R_A$  = suma de las resistencias de tima de tierra y de los conductores de protección de las masas.

$I_A$  = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

$U$  = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles interruptores automáticos.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial- residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

#### 1.5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera. A continuación cada línea dispondrá de un interruptor diferencial. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la nave. A parte de esto, también se ha de colocar un interruptor automático al principio de cada una de las líneas, para la protección de éstas. La línea que va a la batería de condensadores está protegida por su interruptor automático y su interruptor diferencial.





En los cuadros auxiliares de producción este y producción oeste se ha de colocar un interruptor automático y otro diferencial para la protección de cada una de las máquinas que alimentan.

Para el resto de los cuadros auxiliares cada línea estará protegida por un interruptor automático y abra un interruptor diferencial por cada 3 o 4 líneas.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo. Partiendo de un retardo de 0 ms en los diferenciales situados más abajo en las líneas, se dotarán a los situados aguas arriba por encima de estos de un retraso de 30-60 ms. Se incrementará el retraso en esta misma cantidad para los diferenciales situados por encima de los anteriores y así progresivamente hasta los diferenciales de cabecera de la línea.

### **Cuadro general de distribución:**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times (3 \times 300/150) \text{ mm}^2$   
RZ1-K 0.6/1 KV PRYSMIAN.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 1250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

#### **SALIDAS:**

Línea cuadro auxiliar 1: oficinas norte.

Sección del cable:  $3 \times 120/70 + 70 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 160A
- Sensibilidad: 500 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 2: oficinas sur.

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 3: alumbrado producción.

Sección del cable:  $3 \times 95/50 + 50TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 4: alumbrado almacén.

Sección del cable:  $3 \times 70/35 + 35 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

Línea cuadro auxiliar 5: producción este.

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

Línea cuadro auxiliar 6: producción oeste.

Sección del cable:  $3 \times 95/50 + 50 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Sensibilidad: 500 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A



- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

#### Línea cuadro auxiliar 7: T.C. Nave.

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Sensibilidad: 500 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Línea de la batería de condensadores:

Sección del cable:  $3 \times 150/70 + 70TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 320A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 400 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

#### Cuadro auxiliar 1: oficinas norte.

##### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 120/70 + 70TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

## **SALIDAS:**

### Circuito 1.1: A cuadro auxiliar 1.1.

Sección del cable:  $3 \times 16/16 + 16TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Circuito 1.2: A cuadro auxiliar 1.2.

Sección del cable:  $3 \times 10/10 + 10TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Diferencial 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.3

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.4

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.5

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 1

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

## Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA



- N° de polos: 4P

- Circuito 1.6

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.7

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.8

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 2

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



### Diferencial 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.9

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.10

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.11

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 3

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

#### Diferencial 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.12

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Circuito 1.13

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Circuito 1.14

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 16 KA



- N° de polos: F+N
- Curva B

#### Diferencial 5:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.15

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Circuito 1.16

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Circuito 1.17

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B



### **Cuadro auxiliar 1.1: oficinas norte planta baja.**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 16/16 + 16 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

#### **SALIDAS:**

##### **Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

##### **Circuito 1.1.1**

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

##### **Circuito 1.1.2**

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C



- Circuito 1.1.3

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 4

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.1.4

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.1.5

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$



### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.1.6

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 5

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

### Diferencial 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.1.7

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A



- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.1.8

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 6

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.1.9

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



- Circuito 1.1.10

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Emergencia 7

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

Diferencial 5:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- Circuito 1.1.11

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 1.1.12

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.1.13

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

### **Cuadro auxiliar 1.2: oficinas norte planta segunda.**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 10 / 10 + 10 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

#### **SALIDAS:**

##### **Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.2.1

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN





- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.2.2

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.2.3

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 8

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

## Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P



- Circuito 1.2.4

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.2.5

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 9

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.2.6

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$



### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.2.7

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 10

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

### Diferencial 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 1.2.8

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

### RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A



- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 1.2.9

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 1.2.10

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

**Cuadro auxiliar 2: oficinas sur.**

**ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

**SALIDAS:**

**Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40 A



- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.1

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 2.2

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 2.3

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Emergencia 1

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N



- Curva C

## Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.4

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.5

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.6

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



- Emergencia 2

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.7

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.8

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.9

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.10

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 3

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

#### Diferencial 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.11

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



- Circuito 2.12

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.13

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Emergencia 4

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 5:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.14

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.15

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.16

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

#### Diferencial 6:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 2.17

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4.5 KA



- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 2.18

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 2.19

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

Diferencial 7:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- Circuito 2.20

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C



- Circuito 2.21

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

- Circuito 2.22

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 20A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C

**Cuadro auxiliar 3: alumbrado almacén.**

**ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 70/35 + 35 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 160A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

**SALIDAS:**

**Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 125 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P



- Encendido 1

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Contactor 1

- Encendido 2

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Contactor 2

- Encendido 3

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Contactor 3

- Maniobra encendidos

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A



- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

## Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Encendido 4

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Contactor 4

- Emergencia 1

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido 5

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



- Contactor 5

- Emergencia 2

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido 6

Sección del cable:  $2 \times 16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Contactor 6

- Emergencia 3

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

#### **Cuadro auxiliar 4: alumbrado producción y muelles.**

##### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 35/16 + 16 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 125A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

## **SALIDAS:**

### Diferencial 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Encendido producción 1

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Contactor 1

- Emergencia 1

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido producción 2

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 6 KA





- N° de polos: F+N
- Curva B

- Contactor 2

- Emergencia 2

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido producción 3

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

- Contactor 3

- Emergencia 3

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Maniobra encendidos

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A



- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

### Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Encendido muelles 1

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido muelles 2

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Encendido muelles 3

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



### **Cuadro auxiliar 5: este.**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

#### **SALIDAS:**

##### **Circuito 5.1: soldadora 1.**

Sección del cable:  $3 \times 6/6 + 6 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

##### **Circuito 5.2: soldadora 2.**

Sección del cable:  $3 \times 6/6 + 6 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50 A
  - Sensibilidad: 30 mA



- N° de polos: 4P

### Circuito 5.3: soldadora 3.

Sección del cable:  $3 \times 6/6 + 6TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 50 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### Circuito 5.4: puerta nave 3.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### Circuito 5.5: puerta nave 4.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 6 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 5.6: muelle 1.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 5.7: muelle 2.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

**Cuadro auxiliar 6: oeste.**

**ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 70/35 + 35 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



**Características principales:**

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

**SALIDAS:**

Circuito 6.1: puerta nave 1.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.2: puerta nave 2.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.3: enmarcadora 1.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.4: enmarcadora 2.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.5: colocadora 1.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.6: colocadora 2.



Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

Circuito 6.7: banda transportadora.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

Circuito 6.8: compresor.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P



Circuito 6.9: laminadora 1.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

Circuito 6.10: laminadora 2.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

Circuito 6.11: laminadora 3.

Sección del cable:  $3 \times 2.5/2.5+2.5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

Circuito 6.12: simuladora 1.

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 2P

Circuito 6.13: simuladora 2.

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Poder de corte: 25 KA
  - N° de polos: F+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 2P

Circuito 6.14: simuladora 3.

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A



- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - Calibre: 40A
    - Sensibilidad: 30 mA
    - N° de polos: 2P

### **Cuadro auxiliar 7: a cuadros T.C. nave.**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - Calibre: 100A
    - Poder de corte: 22 KA
    - N° de polos: III+N
    - Curva B

#### **SALIDAS:**

##### **Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - Calibre: 160 A
    - Sensibilidad: 30 mA
    - N° de polos: 4P

- Circuito 7.1: a cuadro T.C. nave 1.

Sección del cable:  $3 \times 10/10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - Calibre: 63A
    - Poder de corte: 22 KA
    - N° de polos: III+N
    - Curva C

- Circuito 7.2: a cuadro T.C. nave 2.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Circuito 7.3: a cuadro T.C. nave 3.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Diferencial 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 160 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Circuito 7.4: a cuadro T.C. nave 4.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Circuito 7.5: a cuadro T.C. nave 5.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Circuito 7.6: a cuadro T.C. nave 6.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Diferencial 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- Circuito 7.7: a cuadro T.C. nave 7.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Circuito 7.8: a cuadro T.C. nave 8.

Sección del cable:  $3 \times 10/10+10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C



- Circuito 7.9: a cuadro T.C. nave 9.

Sección del cable:  $3 \times 10/10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### **Cuadro T.C. Nave. (9 unidades):**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times 10/10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63A
  - Poder de corte: 4.5 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

#### **SALIDAS:**

##### **Diferencial 1:**

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- Circuito 7.1.1: T.C. Trifásica.

Sección del cable:  $3 \times 4/4 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 40A

- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Circuito 7.1.2: T.C. Monofásica.

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 7.1.3: T.C. Monofásica.

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

- Circuito 7.1.4: T.C. Monofásica.

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{ TT mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4.5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

## **1.6 PUESTAS A TIERRA**

### **1.6.1 INTRODUCCIÓN**

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Locales húmedos	24 voltios.
Locales secos	50 voltios.

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

#### 1.6.1.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.





- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

#### 1.6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

##### 1) El terreno.

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes concepto:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

##### 2) Tomas de tierra.

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

### 1.- Electroodos.

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

### 2.- Líneas de enlace con tierra.

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

### 3.- Punto de puesta a tierra.

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

### 3) Línea principal de tierra.

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el

punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

#### 4) Derivaciones de las líneas principales de tierra.

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC BT 18.

Secciones de los conductores de fase (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con un mínimo de 2.5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</li> <li>- Con un mínimo de 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	

#### 5) Conductores de protección.

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC BT 19.

### 1.6.2 ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).

- d) Instalación de pararrayos.
- e) Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- f) Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- g) Toda masa o elemento metálico significativo.
- h) Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

### 1.6.3 SOLUCIÓN ADOPTADA

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## 1.7 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### 1.7.1 GENERALIDADES

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el  $\cos\phi$  o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

### 1.7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:

- a) Disminución de la caída de tensión en las líneas.
- b) Reducción del dimensionamiento de las líneas.
- c) Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

- d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.

Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente  $S$  para una misma potencia activa  $P$  disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

- e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
- f) Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores:

$$0.9 < \cos\phi < 1$$

### 1.7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

#### 1.7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS

Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procura en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas normales de la instalación.

Los más importantes son:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

#### 1.7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

#### 1.7.3.3. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es



el adecuado se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

## 1.7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN

### 1.7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN

#### a) Situación en cabecera

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También se conseguirá ajustar la potencia aparente “S”, a lo que se necesite en la instalación.

Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no se conseguirá disminuir las pérdidas por efecto Joule.

#### b) Situación en cada receptor inductivo

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

#### c) Situación en una zona intermedia

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

### 1.7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no van a ser importantes.

Se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.



### 1.7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR

#### a) Compensación fija

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

#### b) Compensación automática (variable)

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el  $\cos\phi$  objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el  $\cos\phi$  de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia.

### 1.7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSACIÓN

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el  $\cos\phi$  de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

### 1.7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA

Batería de condensadores elegida

Fabricante: ABB

Modelo: CLMH-1, 400V

### Referencias

Q (kvar)	Composición kvar (nº grupos x kvar)	Nº escalones	I nominal (A)	Tensión (V)
200	20 + 20 + 40 + (2x60)	10x20	288.68	400

### Características:

Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.

Tolerancia sobretensión: 10% máximo ocasionalmente.

Tolerancia sobreintensidad: 30% permanente.

Nivel de aislamiento: 0,66 KV.

Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V).

Grado de protección: IP 32 con la puerta cerrada.

Auto transformador 400 / 230 integrado

Normas: IEC 60439

## 1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 1.8.1 INTRODUCCIÓN

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En el se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13.2 KV subterránea, y en el se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 800 KVA.

### REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.



## **1.8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.

Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte trasera de la nave, a la misma altura del cuarto de compresores.

## **1.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS**

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envoltorio metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

## **1.8.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

### **1.8.4.1 OBRA CIVIL**

#### **1.8.4.1.1 Local**

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte oeste de la nave, a la misma altura del CGP.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

#### **1.8.4.1.2 Características constructivas**

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-4 de ORMAZABAL.

Las características más destacadas del prefabricado serán:

**Compacidad:**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

**Facilidad de instalación**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

**Material**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

**Equipotencialidad**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura equipotencialidad, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a  $10.000\Omega$ .

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencialidad será accesible desde el exterior.

**Impermeabilidad**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.

**Grados de protección**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación.

**Envolvente**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica.



La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

### Suelos

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

### Cuba de recogida de aceite

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

### Puertas y rejillas de ventilación

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

	<b>Dimensiones exteriores</b>	<b>Dimensiones interiores</b>	<b>Dimensiones excavación</b>
<b>Longitud (mm)</b>	4460	4280	5260
<b>Anchura (mm)</b>	2380	2200	3180

<b>Altura (mm)</b>	3045	2355	560 (Profundidad)
<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	10,7	9,4	

Peso = 12.000 Kg

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

### 1.8.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

#### 1.8.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

#### 1.8.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación.

##### **Celdas CGM**

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF<sub>6</sub> se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

- Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- Fusibles (Celda CMP-F)

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal, si el seccionador de puesta a tierra está conectado.



- No se pueda quitar la tapa frontal, si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

■ Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal. (Un) →	24 KV
Nivel de aislamiento.	
Frecuencia industrial (1min)	
-A tierra y entre fases →	50 KV
-A la distancia de seccionamiento	
impulso tipo rayo →	60 KV
-A tierra y entre fases →	125 KV
-A la distancia de seccionamiento →	145 KV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica.

#### 1.8.5.3 CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMADORES DE MEDIA TENIÓN

##### **Entrada <: CGM-CML Interruptor - seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n = 24 \text{ KV}$  e  $I_n = 400 \text{ A}$  y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 Kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en  $\text{SF}_6$ , que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA

##### **Celda de protección con fusibles**

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo  $U_n = 24 \text{ KV}$  e  $I_n = 400 \text{ A}$  y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 Kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

### **Celda de medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de Un = 24 KV y 800 mm de ancho por 1025 de fondo por 1800 de alto y 180 Kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos auxiliares y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar In = 400 A
- 3 transformadores de intensidad de relación 30 – 60 / 5 A Clase 0.5, aislamiento 24 KV
- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación 13.200 – 22.000 / 110, Clase 0.5, aislamiento 24 KV
- Embarrado de puesta a tierra

### **Transformador**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 KV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Cotradis (Ormazabal) conectado con acoplamiento Dyn 11.



La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia: 800 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

#### EQUIPO BASE

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado
- Orificio de llenado
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras
- 4 ruedas bidireccionales
- 2 tomas de puesta a tierra

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TRANSFORMADOR

Potencia en KVA	800
Tensión primaria	13,2 / 20
Tensión secundaria en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Pérdidas en vacío (W)	1550
Pérdidas en carga (W)	8100
Tensión de cortocircuito (%)	6
Caída de tensión a plena carga (%)	1.2
Rendimiento (%)	99



## DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR

Potencia (KVA)	800
Largo (mm)	1780
Ancho (mm)	1080
Alto (mm)	1395
Volumen líquido aislante (l)	540

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

### 1.8.6 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.D. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.

### 1.8.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

#### 1.8.7.1 INTRODUCCIÓN

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 KV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

#### 1.8.7.2 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 400  $\Omega \cdot m$  (suelo pedregoso cubierto de césped).

#### 1.8.7.3 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.



A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

#### 1.8.7.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

##### **Tierra de protección**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas, prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión.

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 5 x 3 m cuyo código de identificación es 50-30/8/84 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

##### **Tierra de servicio**

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 8 picas en hilera separadas 3 m cuyo código de identificación es 8/82 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

#### 1.8.8 INSTANCIAS

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11 – 1971.

#### 1.8.9 APARATOS DE MEDIA TENSIÓN

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

#### 1.8.10 AISLAMIENTO

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 KV, el valor eficaz de

la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2 / 50µseg
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

### **1.8.11 INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

#### **Alumbrado**

En el interior del centro de transformación se instalará 2 luminarias de Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13, de 36W; capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización de NORMALUX, modelo STYLO BLOQUE S-60 4W, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

#### **Ventilación**

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1.95 m<sup>2</sup>, y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2.30 m<sup>2</sup> para la salida del aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

#### **Elementos y medidas de seguridad**

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme ala exigencia de la norma UNE 20.099

Las celdas estará separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante
- Cuadro de primeros auxilios



- Par de guantes aislantes
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro)

## **1.9 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN**

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPÍTULO 1	ACOMETIDA	12.655,94
CAPÍTULO 2	PROTECCIONES	42.377,25
CAPÍTULO 3	CONDUCTORES, TUBOS PROTECTORES Y CANALIZACIONES	116.927,17
CAPÍTULO 4	PUESTA A TIERRA	2.789,74
CAPÍTULO 5	ALUMBRADO	104.950,96
CAPÍTULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	4.529
CAPÍTULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	51.032,48
CAPÍTULO 8	CONDENSADORES	4.352
CAPÍTULO 9	SAI	4.080
CAPÍTULO 10	SEGURIDAD Y SALUD	343,08
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>344.037,62</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	17.201,88
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	34.403,76
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>395.643,26</b>
	IVA (18%)	71.215,79
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA CON IVA</b>	<b>466.859,05</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	18.674,36
	DIRECCIÓN DE OBRA (4%)	18.674,36
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>504.207,77</b>

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de: “QUINIENTOS CUATRO MIL DOS CIENTOS SIETE EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO”.



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Daniel Goñi Eguaras  
Memoria

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**

136



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

## CÁLCULOS

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## 2. CÁLCULOS

### ÍNDICE

2.1 CÁLCULO INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	3
2.1.1 INTRODUCCIÓN .....	3
2.1.2.1 MÉTODO .....	3
2.1.2.2 EJEMPLO DE CÁLCULO: SALA DE EXPOSICIONES .....	3
2.1.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR .....	5
2.1.3.1 CÁLCULO ILUMINACIÓN NAVE: .....	5
2.1.3.2 CÁLCULO ILUMINACIÓN OFICINAS NORTE:.....	5
2.1.3.3 CÁLCULO ILUMINACIÓN OFICINAS SUR: .....	12
2.1.4 CÁLCULO ALUMBRADO DE EMERGENCIA .....	15
2.1.5 CÁLCULO ALUMBRADO EXTERIOR.....	17
2.2 CUADROS. ....	18
2.2.1 ORDENACIÓN CUADROS.....	18
2.3 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA .....	25
2.3.1 INTRODUCCIÓN .....	25
2.3.2 INTENSIDAD DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS .....	25
2.3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.....	29
2.4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN .....	30
2.4.1 INTRODUCCIÓN .....	30
2.4.2 ACOMETIDA. TRANSFORMADOR-C.G.D. ....	31
2.4.3 CUADRO GENERAL Y CUADROS AUXILIARES .....	32
2.5 CÁLCULO DE PROTECCIONES. ....	37
2.5.1 INTRODUCCIÓN .....	37
2.5.2 EJEMPLO DE CÁLCULO: MAGNETOTÉRMICO DEL C.G.P. PARA CUADRO AUXILIAR 1 .....	38
2.5.3 CÁLCULOS MAGNETOTÉRMICOS. ....	39
2.6 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA .....	44
2.6.1 BATERÍA DE CONDENSADORES PARA LA INSTALACIÓN .....	44
2.6.2 CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE UNIÓN DE LA BATERÍA.....	49
2.6.3 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN DE LA BATERÍA.....	49
2.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	50
2.7.1 RESISTENCIA DEL ELECTRODO .....	50
2.7.2 CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO .....	50





2.8 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	52
2.8.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN .....	52
2.8.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN .....	52
2.8.3 CORTOCIRCUITOS .....	52
2.8.3.1 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO .....	53
2.8.4 DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO .....	53
2.8.4.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE .....	54
2.8.4.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA .....	55
2.8.5 OTRAS INSTALACIONES DEL CENTRO .....	56
2.8.5.1 LÁMPARAS Y LUMINARIAS .....	56
2.8.5.2 LUMINARIAS DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN .....	56
2.8.5.3 CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	57
2.8.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	57
2.8.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	57
2.8.7 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS .....	59
2.8.8 CALCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	59
2.8.8.1 MÉTODO EMPLEADO EN LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	60
2.8.8.2 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS .....	62
2.8.8.3 TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN .....	62
2.8.8.4 TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN .....	63
2.8.8.5 TENSIONES APLICADAS .....	63
2.8.8.6 TENSIONES TRANSFERIDAS AL EXTERIOR .....	64
2.8.8.7 CORRECCIÓN Y AJUSTE SI PROCEDE .....	65

## **2.1 CÁLCULO INSTALACIÓN DE ALUMBRADO**

### **2.1.1 INTRODUCCIÓN**

La instalación de iluminación interior se ha realizado siguiendo el método de cálculo que se expone en el documento MEMORIA, sacado del libro llamado LLUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad, cuyo autor es D. José Ramírez Vázquez.

### **2.1.2 MÉTODO DE CÁLCULO**

#### **2.1.2.1 MÉTODO**

Primero se realiza un ejemplo siguiendo el método de cálculo y el resto de locales se realiza siguiendo el mismo método pero expuesto en tablas.

#### **2.1.2.2 EJEMPLO DE CÁLCULO: SALA DE EXPOSICIONES**

1. Se obtiene la información previa que recogen los factores de partida:

Anchura del local (A)= 7.5m.  
Longitud del local (L)= 14m.  
Altura del local (H)= 2,5m.  
Altura del plano de trabajo = 0.85m.  
Altura de trabajo = 1,7m.  
Color de paredes y techos = blanco.

2. Se fija el nivel de iluminación:

$E = 800 \text{ Lux / m.}$

3. Se determina el sistema de alumbrado y el tipo de luminaria – lámpara:

Sistema de alumbrado: alumbrado general e iluminación directa.  
Tipo de luminaria: Luminaria de empotrar PHILIPS mod. TBS-330 de 4x18/C6  
Tipo de lámpara: Tubos fluorescentes TLD 18/84

4. Se determina el factor de mantenimiento:

Factor de mantenimiento: bueno.  
Coeficiente:  $F_m = 0,80$

5. Se calcula el índice del local según la clase de alumbrado y la fórmula:

$$\text{Índice del local (K)} = \frac{A \times L}{h \times (A + L)} = \frac{7.5 \times 14}{1.65 \times (7.5 + 14)} = 2.96$$

6. Con el índice del local y el factor de reflexión de techos y paredes, se obtiene el factor de utilización:

Factor de reflexión:

Techos: 0.75

Paredes: 0.5

Mediante la tabla se obtiene el factor de utilización:  $F_u = 0.66$

7. Se calcula el flujo total con la fórmula:

$$\phi_t = \frac{E_x L_x A}{F_m F_u} = \frac{800 \times 14 \times 7.5}{0.8 \times 0.66} = 159090.90 \text{ Lm.}$$

8. Una vez calculado el flujo total, como se conoce el flujo que aporta cada luminaria, se puede calcular el número de luminarias mediante la fórmula:

$$\phi_i = 5400 \text{ Lm / luminaria.}$$

$$\text{Número de luminarias } N = \frac{\phi_t}{\phi_i} = \frac{159090.90}{5400} = 29.46 \text{ luminarias.}$$

La solución en este caso sería poner 29.46 luminarias con sus lámparas correspondientes.

Así que tendríamos que redondear este valor, y teniendo en cuenta que el techo de la sala de exposiciones es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 32 luminarias de empotrar de 4x18w.

9. Posteriormente a estos cálculos se procederá a calcular el resto de los locales mediante las siguientes tablas:

## 2.1.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

### 2.1.3.1 CÁLCULO ILUMINACIÓN NAVE:

Nave	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Producción	1820	500	0.8	42500	38
Almacén	4000	350	0.8	42500	59
Muelles	110	350	0.8	42500	2

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.

- Zona de producción:**  
 Se necesitan 38 luminarias, pero utilizaremos 42 debido a la distribución de las luminarias que vamos a realizar. Ver en planos de iluminación.
- Almacén:**  
 Se necesitan 59 luminarias, pero utilizaremos 60 debido a la distribución de las luminarias que vamos a realizar. Ver en planos de iluminación.
- Muelles:**  
 Se necesitan 3 luminarias.

### 2.1.3.2 CÁLCULO ILUMINACIÓN OFICINAS NORTE:

Planta baja	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Sala exposiciones	105	800	0.8	5400	29
Gerencia	22	750	0.8	5400	7
D. Admin.	16.625	750	0.8	5400	5
Administración	28.975	750	0.8	5400	9
Sala de reuniones	15	750	0.8	3600	7
D. Comercial	26.4	750	0.8	5400	8
Comercial	20	750	0.8	5400	6
D. Técnicos	28	750	0.8	5400	8
Técnicos	31	750	0.8	5400	9
Laboratorio 1	26.68	750	0.8	5400	8
Laboratorio 2	28.52	750	0.8	5400	9
Archivo	8.8	500	0.8	5400	2
Recepción	24.2	750	0.8	3600	11
Aseo 1	4.125	300	0.8	3600	1
Aseo 2	3.64	300	0.8	3600	1
Hall aseo 3 y 4	1.8	300	0.8	3600	0
Aseo 3	9.18	300	0.8	3600	2
Aseo 4	6	300	0.8	3600	1
Hall aseo 1 y 2	1.5	300	0.8	3600	0
Acceso a fábrica	10.9	300	0.8	3600	2
Pasillo principal	39.3	300	0.8	3600	9
Pasillo técnicos	4.2	300	0.8	3600	1

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.



- **Sala de exposiciones:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18w.

Se necesitan 29 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala de exposiciones es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 32 luminarias.

- **Gerencia:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 7 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 8 luminarias.

- **D. administración:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Administración:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 9 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 10 luminarias.

- **Sala de reuniones:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 7 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 8 luminarias.

- **D. Comercial:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias

- **Comercial:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 6 luminarias.

- **D. Técnicos:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 9 luminarias.

- **Técnicos:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 9 luminarias.



- **Laboratorio 1:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias.

- **Laboratorio 2:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 9 luminarias.

- **Archivo:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 2 luminarias.

- **Recepción:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 11 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la recepción es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 12 luminarias.

- **Aseo 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria según los cálculos, pero se colocaran 2 luminarias (una en cada estancia).

- **Aseo 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria según los cálculos, pero se colocaran 2 luminarias (una en cada estancia).

- **Hall aseo 3 y 4:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 0 luminarias según los cálculos, pero se colocara 1 luminaria.

- **Aseo 3:** Downlights 2xPL-C/2P26W normal y estanco.

Se necesitan 2 luminarias según los cálculos, pero se colocaran 4 luminarias (una en cada estancia) y la de la ducha será estanca.

- **Aseo 4:** Downlights 2xPL-C/2P26W normal y estanco.

Se necesita 1 luminaria según los cálculos, pero se colocaran 3 luminarias (una en cada estancia) y la de la ducha será estanca.

- **Hall aseo 1 y 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 0 luminarias según los cálculos, pero se colocara 1 luminaria.

- **Acceso a fábrica:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la recepción es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 3 luminarias.

- **Pasillo principal:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 9 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la recepción es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 10 luminarias.

- **Pasillo técnicos:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

Planta primera	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Gerencia	42	750	0.8	5400	12
D. Admin.	22.68	750	0.8	5400	7
Administración	40.23	750	0.8	5400	12
D. Comercial 1	19.6	750	0.8	5400	6
D. Comercial 2	33.6	750	0.8	5400	10
Sala reuniones 1	32.48	750	0.8	5400	10
Sala reuniones 2	26.32	750	0.8	5400	8
D. Técnicos	25.2	750	0.8	5400	8
Técnicos 1	41.44	750	0.8	5400	12
Técnicos 2	53.76	750	0.8	5400	16
Archivo	26.25	500	0.8	5400	5
Oficina	26.25	750	0.8	5400	8
Aseo 1	10.5	300	0.8	3600	1
Aseo 2	9.8	300	0.8	3600	1
Pasillo acceso	4.2	300	0.8	3600	1
Pasillo principal 1	32.64	300	0.8	3600	7
Pasillo principal 2	32.64	300	0.8	3600	7
Unión pasillos 1	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 2	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 3	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 4	2.4	300	0.8	3600	1

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.

- **Gerencia:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 12 luminarias.

- **D. Administración:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 7 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.



- **Administración:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 12 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 10 luminarias.

- **D. Comercial 1:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 6 luminarias.

- **D. Comercial 2:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 10 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 9 luminarias.

- **Sala reuniones 1:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 10 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 9 luminarias.

- **Sala reuniones 2:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 9 luminarias.

- **D. Técnicos:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Técnicos 1:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 12 luminarias.

- **Técnicos 2:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 16 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 15 luminarias.

- **Archivo:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.



- **Oficina:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 8 luminarias.

- **Aseo 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W normal y estanco.

Se necesitan 1 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 4 luminarias (una en cada estancia) y la de la ducha será estanca.

- **Aseo 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W normal y estanco.

Se necesitan 1 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 4 luminarias (una en cada estancia) y la de la ducha será estanca.

- **Pasillo acceso:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Pasillo principal 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 7 luminarias, pero colocaremos 8 luminarias.

- **Pasillo principal 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 7 luminarias, pero colocaremos 8 luminarias.

- **Unión pasillos 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 3:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 4:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

Planta segunda	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Despacho jefe	132.06	600	0.8	5400	28
D. Secretaria	20.72	750	0.8	5400	7
Comedor	38.64	500	0.8	5400	7
Sala vacía	165.92	500	0.8	5400	21
Archivo	19.72	500	0.8	5400	4
Cocina	14.96	500	0.8	3600	5
Sala escaleras	24.82	500	0.8	5400	5
Aseo 1	9.86	300	0.8	3600	2



Aseo 2	10.54	300	0.8	3600	2
Pasillo principal 1	32.64	300	0.8	3600	7
Pasillo principal 2	32.64	300	0.8	3600	7
Unión pasillos 1	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 2	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 3	2.4	300	0.8	3600	1
Unión pasillos 4	2.4	300	0.8	3600	1

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.

- **Despacho jefe:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 28 luminarias.

- **D. Secretaria:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 7 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Comedor:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 7 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 8 luminarias.

- **Sala vacía:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 21 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 20 luminarias.

- **Archivo:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 4 luminarias.

- **Cocina:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Sala escaleras:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.



- **Aseo 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 3 luminarias (una en cada estancia).

- **Aseo 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 3 luminarias (una en cada estancia).

- **Pasillo principal 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 7 luminarias, pero colocaremos 8 luminarias.

- **Pasillo principal 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 7 luminarias, pero colocaremos 8 luminarias.

- **Unión pasillos 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 3:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

- **Unión pasillos 4:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesita 1 luminaria.

### 2.1.3.3 CÁLCULO ILUMINACIÓN OFICINAS SUR:

Planta baja	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Vestuario hombres	135.35	300	0.8	8000	9
Acceso fabrica	7.93	300	0.8	3600	2
Hall	7.92	300	0.8	3600	2
Vestuario mujeres	142.81	300	0.8	8000	10

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.

- **Vestuario hombres:** luminaria fluorescente estancia 2x58W.

Se necesitan 9 luminarias, pero colocaremos 11 luminarias.

- **Acceso fábrica:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias, pero colocaremos 3 luminarias.

- **Hall:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias.

- **Vestuario mujeres:** luminaria fluorescente estanca 2x58W.

Se necesitan 10 luminarias, pero colocaremos 11 luminarias.

Planta primera	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lux)	Factor mantenimiento	Flujo luminaria (lm)	Nº luminarias
Oficina general	129.15	750	0.8	5400	34
Archivo	6.8	500	0.8	5400	2
Despacho 1	17.67	750	0.8	5400	5
Despacho 2	15.6	750	0.8	5400	5
Despacho 3	20.28	750	0.8	5400	6
Despacho 4	14.71	750	0.8	5400	5
Despacho 5	14.07	750	0.8	5400	4
Sala de juntas	30.785	750	0.8	5400	9
Aseo 1	6.72	300	0.8	3600	1
Aseo 2	6.72	300	0.8	3600	1
Pasillo	11.17	300	0.8	3600	2
Hall	14.35	300	0.8	3600	3

Una vez calculadas las luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, escogeremos el número de luminarias utilizadas definitivamente teniendo en cuenta factores como la estética o simetría.

- **Oficina general:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 34 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 30 luminarias.

- **Archivo:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 2 luminarias.

- **Despacho 1:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Despacho 2:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.



- **Despacho 3:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 6 luminarias.

- **Despacho 4:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 5 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Despacho 5:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 4 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 6 luminarias.

- **Sala de reuniones:** luminaria fluorescente de empotrar de 4x18W.

Se necesitan 9 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 10 luminarias.

- **Aseo 1:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 1 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 3 luminarias (una en cada estancia).

- **Aseo 2:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 1 luminarias según los cálculos, pero se colocarán 3 luminarias (una en cada estancia).

- **Pasillo:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 2 luminarias, pero colocaremos 3 luminarias.

- **Hall:** Downlights 2xPL-C/2P26W.

Se necesitan 3 luminarias, pero teniendo en cuenta que el techo de la sala es de tipo desmontable, para seguir la simetría y estética de este colocaremos 4 luminarias.

## 2.1.4 CÁLCULO ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lux/m<sup>2</sup> en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2.30m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en la planta de producción.

Las luminarias de emergencia elegidas son las siguientes:

- **Oficinas:** Aparato autónomo de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W.
- **Nave:** Proyector autónomo de emergencia estanco Normalux de 2x50w y 1.900 lm.

A continuación se procede a exponer los cálculos realizados mediante la siguiente tabla.

Oficinas norte-sur	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo total (lm)	Flujo luminaria (lm)	Nº de luminarias	Planta	Edificio
Sala exposiciones	105	5	525	158	4	Baja	Norte
Gerencia	22	5	110	158	1	Baja	Norte
D. Admin.	16.625	5	83.125	158	1	Baja	Norte
Administración	28.975	5	144.875	158	1	Baja	Norte
Sala de reuniones	15	5	75	158	1	Baja	Norte
D. Comercial	26.4	5	132	158	1	Baja	Norte
Comercial	20	5	100	158	1	Baja	Norte
D. Técnicos	28	5	140	158	1	Baja	Norte
Técnicos	31	5	155	158	1	Baja	Norte
Laboratorio 1	26.68	5	133.4	158	1	Baja	Norte
Laboratorio 2	28.52	5	142.6	158	1	Baja	Norte
Archivo	8.8	5	44	158	1	Baja	Norte
Recepción	24.2	5	121	158	1	Baja	Norte
Aseo 1	4.125	5	20.625	158	1	Baja	Norte
Aseo 2	3.64	5	18.2	158	1	Baja	Norte
Hall aseo 3 y 4	1.8	5	9	158	1	Baja	Norte
Aseo 3	9.18	5	45.9	158	1	Baja	Norte
Aseo 4	6	5	30	158	1	Baja	Norte
Acceso a fabrica	10.9	5	54.5	158	1	Baja	Norte
Pasillo principal	39.3	5	196.5	158	2	Baja	Norte
Pasillo técnicos	4.2	5	21	158	1	Baja	Norte
Gerencia	42	5	210	158	2	Primera	Norte
D. Admin.	22.68	5	113.4	158	1	Primera	Norte
Administración	40.23	5	201.15	158	2	Primera	Norte
D. Comercial 1	19.6	5	98	158	1	Primera	Norte
D. Comercial 2	33.6	5	168	158	2	Primera	Norte
Sala reuniones 1	32.48	5	162.4	158	2	Primera	Norte
Sala reuniones 2	26.32	5	131.6	158	1	Primera	Norte
D. Técnicos	25.2	5	126	158	1	Primera	Norte
Técnicos 1	41.44	5	207.2	158	2	Primera	Norte
Técnicos 2	53.76	5	268.8	158	2	Primera	Norte
Archivo	26.25	5	131.25	158	1	Primera	Norte

Oficina	26.25	5	131.25	158	1	Primera	Norte
Aseo 1	10.5	5	52.5	158	1	Primera	Norte
Aseo 2	9.8	5	49	158	1	Primera	Norte
Pasillo acceso	4.2	5	21	158	1	Primera	Norte
Pasillo principal 1	32.64	5	163.2	158	2	Primera	Norte
Pasillo principal 2	32.64	5	163.2	158	2	Primera	Norte
Despacho jefe	132.06	5	660.3	158	5	Segunda	Norte
D. Secretaria	20.72	5	103.6	158	1	Segunda	Norte
Comedor	38.64	5	193.2	158	2	Segunda	Norte
Sala vacía	165.92	5	829.6	158	6	Segunda	Norte
Archivo	19.72	5	98.6	158	1	Segunda	Norte
Cocina	14.96	5	74.8	158	1	Segunda	Norte
Sala escaleras	24.82	5	124.1	158	1	Segunda	Norte
Aseo 1	9.86	5	49.3	158	1	Segunda	Norte
Aseo 2	10.54	5	52.7	158	1	Segunda	Norte
Pasillo principal 1	32.64	5	163.2	158	2	Segunda	Norte
Pasillo principal 2	32.64	5	163.2	158	2	Segunda	Norte
Vestuario hombres	135.35	5	676.75	158	5	Baja	Sur
Acceso fabrica	7.93	5	39.65	158	1	Baja	Sur
Hall	7.92	5	39.6	158	1	Baja	Sur
Vestuario mujeres	142.81	5	714.05	158	5	Baja	Sur
Oficina general	129.15	5	645.75	158	5	Primera	Sur
Archivo	6.8	5	34	158	1	Primera	Sur
Despacho 1	17.67	5	88.35	158	1	Primera	Sur
Despacho 2	15.6	5	78	158	1	Primera	Sur
Despacho 3	20.28	5	101.4	158	1	Primera	Sur
Despacho 4	14.71	5	73.55	158	1	Primera	Sur
Despacho 5	14.07	5	70.35	158	1	Primera	Sur
Sala de juntas	30.785	5	153.925	158	1	Primera	Sur
Aseo 1	6.72	5	33.6	158	1	Primera	Sur
Aseo 2	6.72	5	33.6	158	1	Primera	Sur
Pasillo	11.17	5	55.85	158	1	Primera	Sur
Hall	14.35	5	71.75	158	1	Primera	Sur

Nave	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo total (lm)	Flujo luminaria (lm)	Nº de luminarias
Producción	1820	5	9100	1900	5
Almacén	4000	5	20000	1900	11
Muelle	110	5	550	1900	1

Estas es la cantidad de luminarias necesarias para satisfacer la iluminación deseada, pero en los pasillos, almacén y alguna oficina se pondrán más luminarias. Ver a continuación:

- Oficinas norte-planta baja:
  - Pasillo principal: tendrá 5 luminarias.
  - Laboratorio 1: tendrá 2 luminarias.
  - Acceso a fábrica: tendrá 2 luminarias.
- Oficinas norte-planta primera:
  - Pasillo principal 1: tendrá 4 luminarias.
  - Pasillo principal 2: tendrá 4 luminarias.



- Oficinas norte-planta segunda:
  - Pasillo principal 1: tendrá 4 luminarias.
  - Pasillo principal 2: tendrá 4 luminarias.
- Oficinas sur-planta baja:
  - Acceso a fábrica: tendrá 2 luminarias.
- Oficinas sur-planta primera:
  - Pasillo: tendrá 2 luminarias.
- Almacén:
  - Se colocaran 12 luminarias.

Además en la zona de almacén y en la zona producción colocaremos luminarias de emergencia de 58 lm y 8 W en cada una de las puertas peatonales que dan acceso a la calle. Colocaremos 6 luminarias en la zona de almacén y 3 luminarias en la zona de producción.

### **2.1.5 CÁLCULO ALUMBRADO EXTERIOR.**

No realizamos cálculos del alumbrado exterior. El alumbrado exterior de esta nave se lleva a cabo a través de farolas solares que comercializa la empresa y lo realizará la propia empresa. Estas farolas se alimentan en corriente continua a través de una batería, que se carga con unos módulos fotovoltaicos. Las farolas tienen incorporado un detector crepuscular que les indica cuando encenderse.



## **2.2 CUADROS.**

### **2.2.1 ORDENACIÓN CUADROS.**

#### **CGP.**

A continuación mostramos la composición del CGP con sus circuitos:

<b>Cuadro</b>	<b>Circuito</b>	<b>Utilización</b>
		<b>Alumbrado-Fuerza</b>
CGP	1	A cuadro oficinas norte
CGP	2	A cuadro oficinas sur
		<b>Alumbrado</b>
CGP	3	A cuadro alumbrado almacén
CGP	4	A cuadro alumbrado producción
		<b>Fuerza</b>
CGP	5	A cuadro producción este
CGP	6	A cuadro producción oeste
CGP	7	A cuadros tomas de corriente

#### **Cuadro auxiliar 1: oficinas norte (planta primera).**

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de oficinas norte:

<b>Cuadro auxiliar 1</b>	<b>Circuito</b>	<b>Utilización</b>
		<b>Alumbrado-Tomas de corriente</b>
Oficinas norte	1.1	A cuadro planta baja
Oficinas norte	1.2	A cuadro planta segunda
		<b>Alumbrado</b>
Oficinas norte	1.3	Gerencia-D. Comercial 1
Oficinas norte	1.4	D. Comercial 2-Sala reuniones 1
Oficinas norte	1.5	Sala reuniones 2- D. Técnicos
Oficinas norte	Emergencia 1	
Oficinas norte	1.6	Técnicos 1
Oficinas norte	1.7	Técnicos 2
Oficinas norte	1.8	Archivo-Aseos



Oficinas norte	Emergencia 2	
Oficinas norte	1.9	Oficina-D. Administración
Oficinas norte	1.10	Administración
Oficinas norte	1.11	Pasillos
Oficinas norte	Emergencia 3	
		<b>Tomas de corriente</b>
Oficinas norte	1.12	Gerencia-D. Administración- Administración-D. Comercial 1
Oficinas norte	1.13	D. Comercial 2- Oficina-Aseos-Sala reuniones 1-Sala reuniones 2-Archivo
Oficinas norte	1.14	D. Técnicos - Técnicos 1- Técnicos 2
Oficinas norte	1.15	Tomas SAI planta primera
Oficinas norte	1.16	A tomas SAI planta baja
Oficinas norte	1.17	A tomas SAI planta segunda

### Cuadro auxiliar 1.1: Planta baja.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del subcuadro de planta baja:

<b>Cuadro auxiliar 1.1</b>	<b>Circuito</b>	<b>Utilización</b>
		<b>Alumbrado</b>
Planta baja	1.1.1	Sala exposiciones 1
Planta baja	1.1.2	Sala exposiciones 2
Planta baja	1.1.3	Gerencia-S.Reuniones
Planta baja	Emergencia 4	
Planta baja	1.1.4	D.Administración- Administración
Planta baja	1.1.5	D.Comercial- Comercial
Planta baja	1.1.6	D.Técnicos-Técnicos
	Emergencia 5	
Planta baja	1.1.7	Laboratorio 1- Laboratorio 2
Planta baja	1.1.8	Archivo-Recepción
	Emergencia 6	
Planta baja	1.1.9	Aseos-Halls-Acceso



		a fábrica
Planta baja	1.1.10	Pasillos
Planta baja	Emergencia 7	
		<b>Tomas de corriente</b>
Planta baja	1.1.11	Sala exposiciones- Gerencia- D.administracion- Administracion- S.reuniones
Planta baja	1.1.12	Laboratorio 1- Laboratorio 2
Planta baja	1.1.13	Recepción-Archivo- Aseos-Acceso fabrica-D. Comercial- Comerciales-D. Técnicos-Técnicos

### Cuadro auxiliar 1.2: Planta segunda.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del subcuadro de planta segunda:

<b>Cuadro auxiliar 1.2</b>	<b>Circuito</b>	<b>Utilización</b>
		<b>Alumbrado</b>
Planta segunda	1.2.1	Despacho jefe 1
Planta segunda	1.2.2	Despacho jefe 2
Planta segunda	1.2.3	D. Secretaria- Comedor
Planta segunda	Emergencia 8	
Planta segunda	1.2.4	Sala grande
Planta segunda	1.2.5	Sala escaleras- Archivo
Planta segunda	Emergencia 9	
Planta segunda	1.2.6	Cocina-Aseos
Planta segunda	1.2.7	Pasillos
Planta segunda	Emergencia 10	
Planta segunda		<b>Tomas de corriente</b>
Planta segunda	1.2.8	Despacho jefe- D. Secretaria-Archivo
Planta segunda	1.2.9	Cocina-Comedor- Aseos
Planta segunda	1.2.10	Sala grande-Sala escaleras



### Cuadro auxiliar 2: oficinas sur.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de oficinas sur:

Cuadro auxiliar 2	Circuito	Utilización
		<b>Alumbrado planta primera</b>
Oficinas sur	2.1	Oficina general
Oficinas sur	2.2	Sala de juntas
Oficinas sur	2.3	Despacho 1
Oficinas sur	Emergencia 1	
Oficinas sur	2.4	Despacho 2
Oficinas sur	2.5	Despacho 3
Oficinas sur	2.6	Despacho 4
Oficinas sur	Emergencia 2	
Oficinas sur	2.7	Despacho 5
Oficinas sur	2.8	Aseos
Oficinas sur	2.9	Archivo
Oficinas sur	2.10	Hall-pasillos
Oficinas sur	Emergencia 3	
		<b>Alumbrado planta baja</b>
Oficinas sur	2.11	Vestuario hombres
Oficinas sur	2.12	Vestuario mujeres
Oficinas sur	2.13	Hall y pasillo
Oficinas sur	Emergencia 4	
		<b>Tomas de corriente</b>
Oficinas sur	2.14	Oficina general 1
Oficinas sur	2.15	Oficina general 2
Oficinas sur	2.16	Oficina general 3
Oficinas sur	2.17	Vestuarios hombres- Vestuario mujeres- Aseos-Despacho 5- Hall planta baja
Oficinas sur	2.18	Despacho 1- Despacho 2- Despacho 3-Pasillo planta primera
Oficinas sur	2.19	Sala de juntas- Despacho 4-Archivo- Hall planta primera
Oficinas sur	2.20	Tomas SAI
Oficinas sur	2.21	Tomas SAI
Oficinas sur	2.22	Tomas SAI

### Cuadro auxiliar 3: alumbrado almacén.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de alumbrado almacén:

Cuadro auxiliar 3	Circuito	Utilización
		<b>Alumbrado</b>
Alumbrado almacén	3.1	Encendido 1
Alumbrado almacén	3.2	Encendido 2
Alumbrado almacén	3.3	Encendido 3
Alumbrado almacén	3.4	Maniobra encendidos
Alumbrado almacén	3.5	Encendido 4
Alumbrado almacén	3.6	Emergencia 1
Alumbrado almacén	3.7	Encendido 5
Alumbrado almacén	3.8	Emergencia 2
Alumbrado almacén	3.9	Encendido 6
Alumbrado almacén	3.10	Emergencia 3

### Cuadro auxiliar 4: alumbrado producción y muelles.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de alumbrado de producción:

Cuadro auxiliar 4	Circuito	Utilización
		<b>Alumbrado</b>
Alumbrado producción	4.1	Encendido 1 Producción
Alumbrado producción	4.2	Emergencia 1
Alumbrado producción	4.3	Encendido 2 producción
Alumbrado producción	4.4	Emergencia 2
Alumbrado producción	4.5	Encendido 3 producción
Alumbrado producción	4.6	Emergencia 3
Alumbrado producción	4.7	Maniobra encendidos producción

Alumbrado producción	4.8	Encendido 1 muelles
Alumbrado producción	4.9	Encendido 2 muelles
Alumbrado producción	4.10	Encendido 3 muelles

#### Cuadro auxiliar 5: producción este.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de la zona de producción este:

Cuadro producción este	Circuito	Utilización
		<b>Fuerza</b>
Este	5.1	Soldadora automática 1
Este	5.2	Soldadora automática 2
Este	5.3	Soldadora automática 3
Este	5.4	Puerta nave 3
Este	5.5	Puerta nave 4
Este	5.6	Muelle 1
Este	5.7	Muelle 2

#### Cuadro auxiliar 6: producción oeste.

Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de la zona de producción oeste:

Cuadro producción oeste	Circuito	Utilización
Oeste	6.1	Puerta nave 1
Oeste	6.2	Puerta nave 2
Oeste	6.3	Enmarcadora 1
Oeste	6.4	Enmarcadora 2
Oeste	6.5	Colocadora 1
Oeste	6.6	Colocadora 2
Oeste	6.7	Banda transportadora
Oeste	6.8	Compresor
Oeste	6.9	Laminadora 1
Oeste	6.10	Laminadora 2
Oeste	6.11	Laminadora 3
Oeste	6.12	Simuladora 1
Oeste	6.13	Simuladora 2
Oeste	6.14	Simuladora 3

#### Cuadro auxiliar 7: Cuadro tomas de corriente.



Aquí mostraremos en una tabla la composición del cuadro de tomas de corriente:

Cuadro tomas de corriente	Circuito	Utilización
Oeste	7.1	A cuadro T.C. 1
Oeste	7.2	A cuadro T.C. 2
Oeste	7.3	A cuadro T.C. 3
Oeste	7.4	A cuadro T.C. 4
Oeste	7.5	A cuadro T.C. 5
Oeste	7.6	A cuadro T.C. 6
Oeste	7.7	A cuadro T.C. 7
Oeste	7.8	A cuadro T.C. 8
Oeste	7.9	A cuadro T.C. 9

## 2.3 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

### 2.3.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se va a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

Monofásica:

$$I_n = \frac{P}{V \cos \phi}$$

Trifásica:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi}$$

Y siendo:

$I_n$  = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida en cada receptor (W).

V = tensión nominal (V).

Cos  $\phi$ : factor de potencia de cada receptor.

Además se tendrá en cuenta el factor de corrección ( $F_{COR}$ ) que ha de aplicarse en cada caso, dependiendo del tipo de receptor que se tenga (un solo motor, varios motores, lámparas). Al multiplicar este factor de corrección por la intensidad nominal se obtendrá  $I_{adm}$ .

Para calcular la Potencia Activa total de cada línea, se sumará las de todos los elementos de la misma línea.

### 2.3.2 INTENSIDAD DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS

El factor de simultaneidad se ha sacado multiplicando el motor de mayor potencia por 1.25 mas la suma de los demás motores a plena carga. Las tomas de corriente se multiplica por un factor de 0.2. Y los receptores de alumbrado se multiplican por un coeficiente de 1.8. De ésta manera se hallan las intensidades que saldrán del cuadro general de distribución.

#### Cuadro auxiliar 1: oficinas norte

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	$I_n$ (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
1.1	Cuadro auxiliar 1.1	7614,00	400			39,47		51,47	Trif.
1.2	Cuadro auxiliar 1.2	4369,20	400			22,43		30,60	Trif.
1.3	Alumbrado	1296,00	230	0,9	1,73	6,26	1,80	11,27	R-N
1.4	Alumbrado	1296,00	230	0,9	1,73	6,26	1,80	11,27	S-N
1.5	Alumbrado	1080,00	230	0,9	1,73	5,22	1,80	9,39	T-N
	Emergencia 1	72,00	230	1	1,73	0,31	1,80	0,56	T-N
1.6	Alumbrado	864,00	230	0,9	1,73	4,17	1,80	7,51	R-N
1.7	Alumbrado	1080,00	230	0,9	1,73	5,22	1,80	9,39	S-N
1.8	Alumbrado	848,00	230	0,9	1,73	4,10	1,80	7,37	T-N
	Emergencia 2	56,00	230	1	1,73	0,24	1,80	0,44	T-N



1.9	Alumbrado	1008,00	230	0,9	1,73	4,87	1,80	8,77	R-N
1.10	Alumbrado	720,00	230	0,9	1,73	3,48	1,80	6,26	S-N
1.11	Alumbrado	1092,00	230	0,9	1,73	5,28	1,80	9,50	T-N
	Emergencia 3	96,00	230	1	1,73	0,42	1,80	0,75	S-N
1.12	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	R-N
1.13	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	S-N
1.14	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	T-N
1.15	Tomas SAI	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	R-N
1.16	Tomas SAI	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	S-N
1.17	Tomas SAI	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	T-N
	<b>TOTAL</b>	39508,00				208,87		245,53	
<b>Factor de simultaneidad (0,3)</b>		<b>23835,60</b>				<b>124,56</b>		<b>155,73</b>	

### Cuadro auxiliar 1.1: planta baja

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
1.1.1	Alumbrado	1152,00	230	0,9	1,73	5,57	1,80	10,02	T-N
1.1.2	Alumbrado	1152,00	230	0,9	1,73	5,57	1,80	10,02	S-N
1.1.3	Alumbrado	992,00	230	0,9	1,73	4,79	1,80	8,63	R-N
	Emergencia 4	48,00	230	1	1,73	0,21	1,80	0,38	T-N
1.1.4	Alumbrado	1152,00	230	0,9	1,73	5,57	1,80	10,02	R-N
1.1.5	Alumbrado	1008,00	230	0,9	1,73	4,87	1,80	8,77	S-N
1.1.6	Alumbrado	1296,00	230	0,9	1,73	6,26	1,80	11,27	T-N
	Emergencia 5	48,00	230	1	1,73	0,21	1,80	0,38	T-N
1.1.7	Alumbrado	1224,00	230	0,9	1,73	5,91	1,80	10,64	R-N
1.1.8	Alumbrado	768,00	230	0,9	1,73	3,71	1,80	6,68	S-N
	Emergencia 6	40,00	230	1	1,73	0,17	1,80	0,31	T-N
1.1.9	Alumbrado	832,00	230	0,9	1,73	4,02	1,80	7,23	T-N
1.1.10	Alumbrado	572,00	230	0,9	1,73	2,76	1,80	4,97	S-N
	Emergencia 7	96,00	230	1	1,73	0,42	1,80	0,75	R-N
1.1.11	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	R-N
1.1.12	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	S-N
1.1.13	Tomas de corriente	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,00	27,17	T-N
	<b>TOTAL</b>	<b>25380,00</b>				<b>131,55</b>		<b>171,58</b>	
<b>Factor de simultaneidad (0,3)</b>		<b>7614,00</b>				<b>39,47</b>		<b>51,47</b>	

### Cuadro auxiliar 1.2: planta segunda

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
1.2.1	Alumbrado	1008,00	230	0,9	1,73	4,87	1,80	8,77	R-N
1.2.2	Alumbrado	1008,00	230	0,9	1,73	4,87	1,80	8,77	S-N
1.2.3	Alumbrado	1008,00	230	0,9	1,73	4,87	1,80	8,77	T-N
	Emergencia 8	64,00	230	1	1,73	0,28	1,80	0,50	T-N
1.2.4	Alumbrado	1440,00	230	0,9	1,73	6,96	1,80	12,52	R-N
1.2.5	Alumbrado	720,00	230	0,9	1,73	3,48	1,80	6,26	S-N
	Emergencia 9	64,00	230	1	1,73	0,28	1,80	0,50	T-N

1.2.6	Alumbrado	624,00	230	0,9	1,73	3,01	1,80	5,43	S-N
1.2.7	Alumbrado	1040,00	230	0,9	1,73	5,02	1,80	9,04	T-N
	Emergencia 10	88,00	230	1	1,73	0,38	1,80	0,69	R-N
1.2.8	Tomas de corriente	2500,00	230	0,8	1,73	13,59	1,00	13,59	R-N
1.2.9	Tomas de corriente	2500,00	230	0,8	1,73	13,59	1,00	13,59	S-N
1.2.10	Tomas de corriente	2500,00	230	0,8	1,73	13,59	1,00	13,59	T-N
	<b>TOTAL</b>	<b>14564,00</b>				<b>74,78</b>		<b>102,00</b>	
	<b>Factor de simultaneidad (0,3)</b>	<b>4369,20</b>				<b>22,43</b>		<b>30,60</b>	

### Cuadro auxiliar 2: oficinas sur

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
2.1	Alumbrado	2160,00	230	0,9	1,73	10,43	1,80	18,78	R-N
2.2	Alumbrado	720,00	230	0,9	1,73	3,48	1,80	6,26	S-N
2.3	Alumbrado	432,00	230	0,9	1,73	2,09	1,80	3,76	T-N
	Emergencia 1	56,00	230	1	1,73	0,24	1,80	0,44	S-N
2.4	Alumbrado	432,00	230	0,9	1,73	2,09	1,80	3,76	R-N
2.5	Alumbrado	432,00	230	0,9	1,73	2,09	1,80	3,76	S-N
2.6	Alumbrado	432,00	230	0,9	1,73	2,09	1,80	3,76	T-N
	Emergencia 2	24,00	230	1	1,73	0,10	1,80	0,19	S-N
2.7	Alumbrado	432,00	230	0,9	1,73	2,09	1,80	3,76	S-N
2.8	Alumbrado	312,00	230	0,9	1,73	1,51	1,80	2,71	R-N
2.9	Alumbrado	144,00	230	0,9	1,73	0,70	1,80	1,25	T-N
2.10	Alumbrado	364,00	230	0,9	1,73	1,76	1,80	3,17	T-N
	Emergencia 3	56,00	230	1	1,73	0,24	1,80	0,44	S-N
2.11	Alumbrado	1276,00	230	0,9	1,73	6,16	1,80	11,10	S-N
2.12	Alumbrado	1276,00	230	0,9	1,73	6,16	1,80	11,10	T-N
2.13	Alumbrado	260,00	230	0,9	1,73	1,26	1,80	2,26	T-N
	Emergencia 4	104,00	230	1	1,73	0,45	1,80	0,81	R-N
2.14	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	R-N
2.15	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	S-N
2.16	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	T-N
2.17	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	R-N
2.18	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	S-N
2.19	Tomas de corriente	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	T-N
2.20	Tomas SAI	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	R-N
2.21	Tomas SAI	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	S-N
2.22	Tomas SAI	2000,00	230	0,8	1,73	10,87	1,00	10,87	T-N
	<b>TOTAL</b>	<b>26912,00</b>				<b>140,76</b>		<b>175,11</b>	
	<b>Factor de simultaneidad (0,3)</b>	<b>8073,60</b>				<b>42,23</b>		<b>52,53</b>	

### Cuadro auxiliar 3: alumbrado almacén

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
3.1	Encendido 1	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	R-N
3.2	Encendido 2	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	S-N
3.3	Encendido 3	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	T-N

3.4	Maniobra encendidos	0,00	230	1	1,73	0,00	1,00	0,00	R-N
3.5	Encendido 4	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	R-N
3.6	Emergencia 1	416,00	230	0,9	1,73	2,01	1,80	3,62	R-N
3.7	Encendido 5	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	S-N
3.8	Emergencia 2	416,00	230	0,9	1,73	2,01	1,80	3,62	S-N
3.9	Encendido 6	4000,00	230	0,9	1,73	19,32	1,80	34,78	T-N
3.10	Emergencia 3	416,00	230	0,9	1,73	2,01	1,80	3,62	T-N
	<b>TOTAL</b>	25248,00				121,97		219,55	
<b>Factor de simultaneidad (1)</b>		<b>25248,00</b>				<b>121,97</b>		<b>219,55</b>	

#### Cuadro auxiliar 4: alumbrado producción

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
4.1	Encendido producción 1	5600,00	230	0,9	1,73	27,05	1,80	48,70	R-N
4.2	Emergencia 1	208,00	230	1	1,73	0,90	1,80	1,63	R-N
4.3	Encendido producción 2	5600,00	230	0,9	1,73	27,05	1,80	48,70	S-N
4.4	Emergencia 2	208,00	230	1	1,73	0,90	1,80	1,63	S-N
4.5	Encendido producción 3	5600,00	230	0,9	1,73	27,05	1,80	48,70	T-N
4.6	Emergencia 3	208,00	230	1	1,73	0,90	1,80	1,63	T-N
4.7	Maniobra encendidos		230	1	1,73	0,00	1,00	0,00	T-N
4.8	Encendido 1 muelles	400,00	230	0,9	1,73	1,93	1,80	3,48	R-N
4.9	Encendido 2 muelles	400,00	230	0,9	1,73	1,93	1,80	3,48	S-N
4.10	Encendido 3 muelles	400,00	230	0,9	1,73	1,93	1,80	3,48	T-N
	<b>TOTAL</b>	18624,00				85,80		161,41	
<b>Factor de simultaneidad (1)</b>		<b>18624,00</b>				<b>85,80</b>		<b>161,41</b>	

#### Cuadro auxiliar 5: producción este.

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
5.1	Soldadora automática 1	20000,00	400	0,7	1,73	41,24	1,00	41,24	Trif.
5.2	Soldadora automática 2	20000,00	400	0,7	1,73	41,24	1,00	41,24	Trif.
5.3	Soldadora automática 3	20000,00	400	0,7	1,73	41,24	1,00	41,24	Trif.
5.4	Puerta nave 3	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
5.5	Puerta nave 4	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
5.6	Muelle 1	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
5.7	Muelle 2	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
	<b>TOTAL</b>	63000,00				128,53		129,73	
<b>Factor de simultaneidad (0,7)</b>		<b>44100,00</b>				<b>89,97</b>		<b>90,81</b>	

#### Cuadro auxiliar 6: producción oeste.

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
6.1	Puerta nave 1	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
6.2	Puerta nave 2	750,00	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	Trif.
6.3	Enmarcadora 1	10000,00	400	0,8	1,73	18,04	1,25	22,55	Trif.
6.4	Enmarcadora 2	10000,00	400	0,8	1,73	18,04	1,25	22,55	Trif.

6.5	Colocadora 1	10000,00	400	0,9	1,73	16,04	1,25	20,05	Trif.
6.6	Colocadora 2	10000,00	400	0,9	1,73	16,04	1,25	20,05	Trif.
6.7	Banda transportadora	10000,00	400	0,9	1,73	16,04	1,25	20,05	Trif.
6.8	Compresor	10000,00	400	0,85	1,73	16,98	1,25	21,23	Trif.
6.9	Laminadora 1	8000,00	400	0,8	1,73	14,43	1,25	18,04	Trif.
6.10	Laminadora 2	8000,00	400	0,8	1,73	14,43	1,25	18,04	Trif.
6.11	Laminadora 3	8000,00	400	0,8	1,73	14,43	1,25	18,04	Trif.
6.12	Simulador 1	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,25	33,97	R-N
6.13	Simulador 2	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,25	33,97	S-N
6.14	Simulador 3	5000,00	230	0,8	1,73	27,17	1,25	33,97	T-N
	<b>TOTAL</b>	100500,00				228,41		285,51	
	<b>Factor de simultaneidad (0,7)</b>	<b>70350,00</b>				<b>159,88</b>		<b>199,86</b>	

### Cuadro auxiliar 7: Cuadros tomas de corriente.

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
7.1	Cuadro T.C. 1	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.2	Cuadro T.C. 2	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.3	Cuadro T.C. 3	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.4	Cuadro T.C. 4	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.5	Cuadro T.C. 5	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.6	Cuadro T.C. 6	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.7	Cuadro T.C. 7	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.8	Cuadro T.C. 8	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
7.9	Cuadro T.C. 9	25000,00	400	0,85	1,73	42,45	1,00	42,45	Trif.
	<b>TOTAL</b>	225000,00				382,07		382,07	
	<b>Factor de simultaneidad (0,2)</b>	<b>45000,00</b>				<b>76,41</b>		<b>76,41</b>	

### CGP

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	raíz de 3	In (A)	Fc	Icalc. (A)	Fases
1	Cuadro auxiliar 1	23835,60	400			124,56		155,73	Trif.
2	Cuadro auxiliar 2	8073,60	400			42,23		52,53	Trif.
3	Cuadro auxiliar 3	25248,00	400			121,97		219,55	Trif.
4	Cuadro auxiliar 4	18624,00	400			85,80		161,41	Trif.
5	Cuadro auxiliar 5	44100,00	400			89,97		90,81	Trif.
6	Cuadro auxiliar 6	70350,00	400			159,88		199,86	Trif.
7	Cuadro auxiliar 7	45000,00	400			76,41		76,41	Trif.
<b>TOTAL</b>		<b>235231,20</b>				<b>700,84</b>		<b>956,30</b>	

### 2.3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Tras el cálculo de la potencia e intensidades, que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es uno de 800 KVA ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{800 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1155 \text{ A}$$

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 956.30A. Además, no se prevé ampliar la potencia de la nave en un futuro cercano.

## **2.4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN**

### **2.4.1 INTRODUCCIÓN**

Siguiendo el proceso de cálculo descrito en la memoria, y una vez conocida la intensidad nominal se calculará:

$F_c$  = factor de corrección, que depende de la temperatura, del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.

$I_{adm}$  = es la intensidad resultante del cociente de  $I_{cal}$  entre  $F_c$ .

Una vez hecho esto, hay que ir al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la tabla correspondiente se elige la sección que corresponda a la  $I_{máx adm}$  (intensidad máxima admisible).

Además se calcula la caída de tensión, con el fin de elegir un conductor que cumpla con la normativa (la caída de tensión debe ser menor del 4.5% para el alumbrado y del 6.5% para los demás usos). **itc 19.**

La caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red que tengamos:

Monofásica:

$$e = \frac{2LIn \cos \varphi}{S\gamma}$$

Trifásica:

$$e = \frac{\sqrt{3}LIn \cos \varphi}{S\gamma}$$

donde:

$e$  = caída de tensión en voltios.

$L$  = longitud de la línea en metros.

$I_n$  = intensidad nominal de la línea en amperios.

$\cos \varphi$  = factor de potencia.

$\gamma$  = conductividad del material del conductor (56 para el cobre).

$S$  = sección del cable en  $\text{mm}^2$ .

## 2.4.2 ACOMETIDA. TRASFORMADOR–C.G.D.

Es la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una corriente de 1155 amperios. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 20 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea irá enterrada en zanja en el interior de tubo. Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0.8 por ir en el interior de tubo y un factor de corrección de 0.8 por haber 3 ternas de cables unipolares separados entre sí  $d=0.25$  m. En total se aplicará un factor de corrección de  $0.8 \times 0.8 = 0.64$ .

Los cálculos se realizan según la ITC-BT 07 tablas 5 y 8 que dan la sección y el factor de corrección que se debe emplear para agrupaciones de cables unipolares en instalación enterrada.

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de  $300 \text{ mm}^2$  de sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos. Para el neutro se utilizarán tres conductores de  $150 \text{ mm}^2$  de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE).

$L = 20 \text{ m}$  (longitud de la acometida)

$I_n = 1155 \text{ A}$

$S = 300 \times 3 \text{ mm}^2$

$\gamma = 56$  (Cobre)

$$e = \frac{\sqrt{3} L I_n \cos \varphi}{S \gamma} = 0,75 \text{ V}$$

$$e (\%) = \frac{e \times 100}{400} = 0,1885\%$$

### 2.4.3 CUADRO GENERAL Y CUADROS AUXILIARES

Para el caso del cuadro general de distribución y sus respectivos cuadros auxiliares se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Se llevará canalizado desde el CGD hasta los diferentes cuadros secundarios de la empresa. Cuando se realicen las bajantes a los cuadros auxiliares, la bandeja ira con tapa a partir de los 3 metros de altura para no tener acceso directo a los cables de la bandeja. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros.

#### CGP.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm <sup>2</sup> )	e(%)	eT(%)
1	124,6	155,73	0,8	194,6625	125	Bandeja y bandeja falso techo	3x120/70 + 70TT	0,9	1,1
2	42,23	52,53	0,8	65,6625	84	Bandeja y bandeja falso techo	3x25/16 + 16TT	1,0	1,2
3	122	219,55	0,8	274,4375	130	Bandeja	3x95/50 + 50TT	1,2	1,4
4	85,8	161,41	0,8	201,7625	75	Bandeja	3x70/35 + 35TT	0,7	0,9
5	89,97	90,81	0,8	113,5125	52	Bandeja	3x25/16 + 16TT	1,2	1,4
6	159,9	199,86	1	199,86	5	Bandeja	3x95/50 + 50TT	0,1	0,3
7	76,41	76,41	0,8	95,5125	52	Bandeja	3x25/16 + 16TT	1,0	1,2

#### Cuadro auxiliar 1.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm <sup>2</sup> )	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)
1.1	39,47	51,47	0,8	64,3375	50	Bandeja falso techo+tubo	3x16/16 + 16TT	0,9	1,9	20
1.2	22,43	30,6	0,8	38,25	57	Bandeja falso techo+tubo	3x10/10 + 10TT	0,9	2,0	20
1.3	6,26	11,27	0,8	14,0875	45	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	1,6	2,9	20
1.4	6,26	11,27	0,8	14,0875	35	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	1,2	2,6	20
1.5	5,22	9,39	0,8	11,7375	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	0,7	2,1	20
Emer. 1	0,31	0,56	0,8	0,7	45	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,1	1,5	16
1.6	4,17	7,51	0,8	9,3875	23	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	0,5	1,9	20
1.7	5,22	9,39	0,8	11,7375	18	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	0,5	1,9	20
1.8	4,1	7,37	0,8	9,2125	23	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	0,5	1,9	20
Emer. 2	0,24	0,44	0,8	0,55	23	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,1	1,4	16
1.9	4,87	8,77	0,8	10,9625	40	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	1,1	2,5	20
1.10	3,48	6,26	0,8	6,26	45	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	0,9	2,2	20
1.11	5,28	9,5	0,8	9,5	45	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 + 2,5TT	1,3	2,7	20
Emer. 3	0,42	0,75	0,8	0,9375	45	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,2	1,6	16
1.12	27,17	27,17	0,8	33,9625	44	Bandeja falso techo+tubo	2x4 + 4TT	3,7	5,1	20
1.13	27,17	27,17	0,8	33,9625	30	Bandeja falso techo+tubo	2x4 + 4TT	2,5	3,9	20

1.14	27,17	27,17	0,8	33,9625	27	Bandeja falso techo+tubo	2x4 4TT	+	2,3	3,6	20
1.15	27,17	27,17	0,8	33,9625	44	Bandeja falso techo+tubo	2x4 4TT	+	3,7	5,1	20
1.16	27,17	27,17	0,8	33,9625	90	Bandeja falso techo+tubo	2x10 10TT	+	3,0	4,4	25
1.17	27,17	27,17	0,8	33,9625	100	Bandeja falso techo+tubo	2x10 10TT	+	3,4	4,7	25

### Cuadro auxiliar 1.1.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)	
1.1.1	5,57	10,02	0,8	12,525	40	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,2	3,0	20
1.1.2	5,57	10,02	0,8	12,525	40	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,2	3,0	20
1.1.3	4,79	8,63	0,8	10,7875	28	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,7	2,5	20
Emer.4	0,21	0,38	0,8	0,475	40	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,8	16
1.1.4	5,57	10,02	0,8	12,525	22	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,7	2,4	20
1.1.5	4,87	8,77	0,8	10,9625	33	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,9	2,7	20
1.1.6	6,26	11,27	0,8	14,0875	38	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,3	3,1	20
Emer.5	0,21	0,38	0,8	0,475	38	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,8	16
1.1.7	5,91	10,64	0,8	13,3	31	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,0	2,8	20
1.1.8	3,71	6,68	0,8	8,35	18	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,4	2,1	20
Emer.6	0,17	0,31	0,8	0,3875	38	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,8	16
1.1.9	4,02	7,23	0,8	9,0375	13	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,3	2,0	20
1.1.10	2,76	4,97	0,8	6,2125	26	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,4	2,2	20
Emer.7	0,42	0,75	0,8	0,9375	26	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,9	16
1.1.11	27,17	27,17	0,8	33,9625	39	Bandeja falso techo+tubo	2x4 4TT	+	3,3	5,0	20
1.1.12	27,17	27,17	0,8	33,9625	30	Bandeja falso techo+tubo	2x4 4TT	+	2,5	4,3	20
1.1.13	27,17	27,17	0,8	33,9625	36	Bandeja falso techo+tubo	2x4 4TT	+	3,0	4,8	20

### Cuadro auxiliar 1.2.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)	
1.2.1	4,87	8,77	0,8	10,9625	26	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,7	2,9	20
1.2.2	4,87	8,77	0,8	10,9625	26	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,7	2,9	20
1.2.3	4,87	8,77	0,8	10,9625	30	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,8	3,0	20
Emer.8	0,28	0,5	0,8	0,625	30	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	2,3	16
1.2.4	6,96	12,52	0,8	15,65	40	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,6	3,8	20
1.2.5	3,48	6,26	0,8	7,825	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,5	2,7	20
Emer.9	0,28	0,5	0,8	0,625	40	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	2,3	16
1.2.6	3,01	5,43	0,8	6,7875	16	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,3	2,5	20





# Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT Daniel Goñi Eguaras Cálculos

1.2.7	5,02	9,04	0,8	11,3	27	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,8	3,0	20
Emer.10	0,38	0,69	0,8	0,8625	27	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	2,3	16
1.2.8	13,59	13,59	0,8	16,9875	28	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,9	4,1	20
1.2.9	13,59	13,59	0,8	16,9875	30	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	2,0	4,2	20
1.2.10	13,59	13,59	0,8	16,9875	40	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	2,7	4,9	20

## Cuadro auxiliar 2.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)	
2.1	10,43	18,78	0,8	23,475	25	Bandeja falso techo	2x2,5 2.5TT	+	1,5	2,9	20
2.2	3,48	6,26	0,8	7,825	22	Bandeja falso techo	2x2,5 2.5TT	+	0,4	1,9	20
2.3	2,09	3,76	0,8	4,7	24	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,3	1,8	20
Emer.1	0,24	0,44	0,8	0,55	25	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,5	16
2.4	2,09	3,76	0,8	4,7	24	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,3	1,8	20
2.5	2,09	3,76	0,8	4,7	28	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,3	1,8	20
2.6	2,09	3,76	0,8	4,7	18	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,2	1,7	20
Emer.2	0,1	0,19	0,8	0,2375	25	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,0	1,5	16
2.7	2,09	3,76	0,8	4,7	15	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,2	1,7	20
2.8	1,51	2,71	0,8	3,3875	13	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,1	1,6	20
2.9	0,7	1,25	0,8	1,5625	8	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,0	1,5	20
2.10	1,76	3,17	0,8	3,9625	20	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,2	1,7	20
Emer.3	0,24	0,44	0,8	0,55	20	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,0	1,5	16
2.11	6,16	11,1	0,8	13,875	32	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,1	2,6	20
2.12	6,16	11,1	0,8	13,875	32	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,1	2,6	20
2.13	1,26	2,26	0,8	2,825	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	0,2	1,7	20
Emer.4	0,45	0,81	0,8	1,0125	28	Bandeja falso techo+tubo	2x1,5 2.5TT	+	0,1	1,6	16
2.14	10,87	10,87	0,8	13,5875	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,4	2,8	20
2.15	10,87	10,87	0,8	13,5875	21	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,1	2,6	20
2.16	10,87	10,87	0,8	13,5875	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,4	2,8	20
2.17	10,87	10,87	0,8	13,5875	32	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,7	3,2	20
2.18	10,87	10,87	0,8	13,5875	28	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,5	3,0	20
2.19	10,87	10,87	0,8	13,5875	18	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,0	2,4	20
2.20	10,87	10,87	0,8	13,5875	25	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,4	2,8	20
2.21	10,87	10,87	0,8	13,5875	32	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,7	3,2	20
2.22	10,87	10,87	0,8	13,5875	30	Bandeja falso techo+tubo	2x2,5 2.5TT	+	1,6	3,1	20

## Cuadro auxiliar 3.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)
-------	-------	---------	----	---------	------	--------------	---------	------	-------	-------------

3.1	19,32	34,78	0,8	43,475	80	Bandeja	2x16 16TT	+	1,4	113,1	
3.2	19,32	34,78	0,8	43,475	97	Bandeja	2x16 16TT	+	1,6	113,4	
3.3	19,32	34,78	0,8	43,475	114	Bandeja	2x16 16TT	+	1,9	113,7	
3.4	0	0	1	0			2x1,5 2,5TT	+			
3.5	19,32	34,78	0,8	43,475	131	Bandeja	2x16 16TT	+	2,2	114,0	
3.6	2,01	3,62	0,8	4,525	88	Bandeja+tubo	2x1,5 2,5TT	+	1,6	113,4	16
3.7	19,32	34,78	0,8	43,475	148	Bandeja	2x16 16TT	+	2,5	114,3	
3.8	2,01	3,62	0,8	4,525	122	Bandeja+tubo	2x1,5 2,5TT	+	2,3	114,0	16
3.9	19,32	34,78	0,8	43,475	165	Bandeja	2x16 16TT	+	2,8	114,5	
3.10	2,01	3,62	0,8	4,525	150	Bandeja+tubo	2x1,5 2,5TT	+	2,8	114,6	16

**Cuadro auxiliar 4.**

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)	Φ Tubo (mm)
4.1	27,05	48,7	0,8	60,875	70	Bandeja	2x10 + 10TT	2,6	3,8	
4.2	0,9	1,63	0,8	2,0375	65	Bandeja+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,6	1,7	16
4.3	27,05	48,7	0,8	60,875	55	Bandeja	2x10 + 10TT	2,1	3,2	
4.4	0,9	1,63	0,8	2,0375	50	Bandeja+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,5	1,6	16
4.5	27,05	48,7	0,8	60,875	70	Bandeja	2x10 + 10TT	2,6	3,8	
4.6	0,9	1,63	0,8	2,0375	65	Bandeja+tubo	2x1,5 + 2,5TT	0,6	1,7	16
4.7	0	0	1	0			2x1,5 + 2,5TT			
4.8	1,93	3,48	0,8	4,35	27	Bandeja	2x1,5 + 2,5TT	0,5	1,6	
4.9	1,93	3,48	0,8	4,35	33	Bandeja	2x1,5 + 2,5TT	0,6	1,7	
4.10	1,93	3,48	0,8	4,35	29	Bandeja	2x1,5 + 2,5TT	0,5	1,6	

**Cuadro auxiliar 5.**

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)
5.1	41,24	41,24	0,8	51,55	34	Bandeja	3x6/6 + 6TT	2,5	3,9
5.2	41,24	41,24	0,8	51,55	24	Bandeja	3x6/6 + 6TT	1,8	3,2
5.3	41,24	41,24	0,8	51,55	20	Bandeja	3x6/6 + 6TT	1,5	2,9
5.4	1,2	1,5	0,8	1,875	15	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,1	1,5
5.5	1,2	1,5	0,8	1,875	78	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,5	1,9
5.6	1,2	1,5	0,8	1,875	52	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,3	1,7
5.7	1,2	1,5	0,8	1,875	48	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,3	1,7

**Cuadro auxiliar 6.**

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)
6.1	1,2	1,5	0,8	1,875	24	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,08	0,35



# Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT Daniel Goñi Eguaras Cálculos

6.2	1,2	1,5	0,8	1,875	72	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,24	0,51
6.3	18,04	22,55	0,8	28,1875	41	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	1,83	2,10
6.4	18,04	22,55	0,8	28,1875	48	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	2,14	2,41
6.5	16,04	20,05	0,8	25,0625	52	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	2,32	2,59
6.6	16,04	20,05	0,8	25,0625	50	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	2,23	2,50
6.7	16,04	20,05	0,8	25,0625	20	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,89	1,16
6.8	16,98	21,23	0,8	26,5375		Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	0,00	0,27
6.9	14,43	18,04	0,8	22,55	35	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	1,25	1,52
6.10	14,43	18,04	0,8	22,55	30	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	1,07	1,34
6.11	14,43	18,04	0,8	22,55	35	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5TT	1,25	1,52
6.12	27,17	33,97	0,8	42,4625	46	Bandeja	2x4 + 4TT	3,88	4,15
6.13	27,17	33,97	0,8	42,4625	50	Bandeja	2x4 + 4TT	4,22	4,49
6.14	27,17	33,97	0,8	42,4625	54	Bandeja	2x4 + 4TT	4,56	4,82

## Cuadro auxiliar 7.

Línea	In(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	Canalización	S (mm2)	e(%)	eT(%)
7.1	42,45	42,45	0,8	53,0625	92	Bandeja	3x10/10 + 10TT	2,56683	3,8
7.2	42,45	42,45	0,8	53,0625	87	Bandeja	3x10/10 + 10TT	2,42733	3,66
7.3	42,45	42,45	0,8	53,0625	117	Bandeja	3x10/10 + 10TT	3,26434	4,497
7.4	42,45	42,45	0,8	53,0625	150	Bandeja	3x10/10 + 10TT	4,18505	5,418
7.5	42,45	42,45	0,8	53,0625	76	Bandeja	3x10/10 + 10TT	2,12042	3,354
7.6	42,45	42,45	0,8	53,0625	50	Bandeja	3x10/10 + 10TT	1,39502	2,628
7.7	42,45	42,45	0,8	53,0625	27	Bandeja	3x10/10 + 10TT	0,75331	1,986
7.8	42,45	42,45	0,8	53,0625	47	Bandeja	3x10/10 + 10TT	1,31132	2,544
7.9	42,45	42,45	0,8	53,0625	95	Bandeja	3x10/10 + 10TT	2,65053	3,884

## 2.5 CÁLCULO DE PROTECCIONES.

### 2.5.1 INTRODUCCIÓN

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0.1 segundos).
- La ITC-REBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

La primera protección que vamos a calcular es el I.C.P. que colocaremos en la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la empresa frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones debemos calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la Aparamenta,...

Así pues, calcularemos los datos necesarios para todas las protecciones y también pondremos los datos que utilizamos.

Lo primero pondremos las fórmulas comunes que usaremos para todos los circuitos. La Aparamenta habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

$$Z_{M.T. (j)} = \frac{U_{M.T.}^2}{S_{CC}}$$

$$Z_{B.T. (j)} = Z_{M.T.} \times \frac{U_{B.T.}^2}{U_{M.T.}^2}$$

$$Z_{TRAFO (j)} = U_{CC} \times \frac{U_{B.T.}^2}{S_n}$$

$$Z_{APARAMENTA (j)} = n^{\circ} \times 0.00015$$

$$Z_{LINEAS} = \phi \times \frac{L}{s}$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{lineas})^2 + (Z(j))^2}$$

$$|Z_o| = \sqrt{(3 \times Z'_{lineas})^2 + (Z_{trafo(j)} + 3 \times Z_{aparamenta(j)})^2}$$

$$I_{cc \max} = \frac{C \times U_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|}$$

$$I_{cc \min} = \frac{C \times \sqrt{3} \times U_{B.T.}}{|2 \times Z_d + Z_o|}$$

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times s^2}{I_{ccf}^2}$$

Significado de abreviaturas:

$Z_{M.T. (j)}$  = Impedancia en Media Tension

$Z_{B.T. (j)}$  = Impedancia en Baja Tension

$Z_{TRAFO (j)}$  = Impedancia del transformador

$Z_{APARAMENTA} (j) =$  Impedancia de la aparamenta

$Z_{LINEAS} =$  Impedancia de la línea

$|Z_d| =$  Impedancia directa

$|Z_o| =$  Impedancia homopolar

$U_{M.T.} =$  Tension en Media Tension

$U_{B.T.} =$  Tension en Baja Tension

$S_{CC} =$  Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía (400000000 VA)

$U_{CC} (\%) = 4.5\%$

$S_n =$  Potencia del transformador (800 KVA)

$n^\circ =$  Numero de protecciones

$\phi =$  Resistividad del cobre (0.018)

$L =$  Longitud de la línea

$s =$  Sección de la línea

$I_{cc \max} =$  Intensidad de cortocircuito máxima

$I_{cc \min} =$  Intensidad de cortocircuito mínima

$s =$  Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc \max}$	$I_{cc \min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

$t_{mcicc} =$  Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

$C_c =$  Coeficiente del conductor. Se rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	13225	20449
Al	5476	8836

$I_{ccf} = I_{cc \min}$

## 2.5.2 EJEMPLO DE CÁLCULO: MAGNETOTÉRMICO DEL C.G.P. PARA CUADRO AUXILIAR 1

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que debemos calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{M.T.} (j) = \frac{U_{M.T.}^2}{S_{CC}} = 0.34848\Omega$$

$$Z_{B.T.} (j) = Z_{M.T.} \times \frac{U_{B.T.}^2}{U_{M.T.}^2} = 0.00032\Omega$$

$$Z_{TRAFO} (j) = U_{CC} \times \frac{U_{B.T.}^2}{S_n} = 0.009\Omega$$

$$Z_{APARAMENTA} (j) = n^\circ \times 0.00015 = 0.0003\Omega$$

$$Z_{LINEAS D.I.} = \phi \times \frac{L}{s} = 0.0004\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{\text{lineas}})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0.0004)^2 + (0.00032 + 0.009 + 0.0003)^2} = 0.00963 \Omega$$

$$I_{cc \max} = \frac{C \times U_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.00963} = 23986 \text{ A}$$

**El Poder de Corte de este magnetotérmico será 25KA**

Para calcular el calibre:

$$I_{\text{calc.}} < I_n < I_{\text{adm.}} ; 208.64 < I_n < 296$$

Cogeremos un interruptor automático magnetotérmico de **intensidad nominal 250**

**A.**

Calculamos curva del magnetotérmico:

$$Z_{\text{LINEA C.AUX. 1}} = \phi \times \frac{L}{s} = 0.018 \times \frac{125}{120} = 0.019 \Omega$$

Para este cálculo, debemos hallar las impedancias de la línea a temperatura de cortocircuito

$$Z'_{\text{LINEA C.AUX. 1}}(250^\circ) = Z_{\text{LINEA C.AUX. 1}} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0.019 \times (1 + 0.004 \times 230) = 0.036 \Omega$$

$$Z'_{\text{LINEA D.I.}}(250^\circ) = Z_{\text{LINEA D.I.}} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0.0004 \times (1 + 0.004 \times 230) = 0.000768 \Omega$$

Cogemos toda la aparamenta de la línea:

$$Z_{\text{APARAMENTA (j)}} = 3 \times 0.00015 = 0.00045 \Omega$$

$$Z_d = (Z'_{\text{LINEA C.AUX. 1}}(250^\circ) + Z'_{\text{LINEA D.I.}}(250^\circ)) + (Z(j)) = (0.036 + 0.000768) + (0.0004 + 0.009 + 0.00045)j = 0.0367 + 0.00977j$$

$$Z_o = (3 \times Z'_{\text{lineas}}) + (Z_{\text{trafo}}(j)) + 3 \times Z_{\text{aparamenta}}(j) =$$

$$(3 \times 0.0367) + (0.009 + 3 \times 0.00045)j = 0.110 + 0.01035j$$

$$|2 \times Z_d + Z_o| = \sqrt{(2 \times 0.0367 + 0.110)^2 + (2 \times 0.00977 + 0.01035)^2} = 0.186$$

$$I_{cc \min} = \frac{C \times \sqrt{3} \times U_{B.T.}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0.95 \times \sqrt{3} \times 400}{0.186} = 3584 \text{ A}$$

$$I_{ccf} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 1250 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccf} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 2500 \rightarrow \text{Curva B o C}$$

$$I_{ccf} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 5000 \rightarrow \text{Curva B, C o D}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la **Curva B o C**

Comprobamos que el tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{\text{mcicc}} = \frac{C_c \times s^2}{I_{ccf}^2} = \frac{20449 \times 95^2}{3584^2} = 23.58 \text{ s} \geq 0.1 \text{ s} \rightarrow \textbf{Válido}$$

### 2.5.3 CÁLCULOS MAGNETOTÉRMICOS.

Posteriormente a estos cálculos se procederá a calcular el resto de los magnetotérmicos mediante las siguientes tablas:

### CGP.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
ICP	CGP	24756	25 KA	1250	B
1	Cuadro auxiliar 1	23986	25 KA	160	C
2	Cuadro auxiliar 2	23986	25 KA	63	C
3	Cuadro auxiliar 3	23986	25 KA	250	C
4	Cuadro auxiliar 4	23986	25 KA	250	C
5	Cuadro auxiliar 5	23986	25 KA	100	C
6	Cuadro auxiliar 6	23986	25 KA	250	C
7	Cuadro auxiliar 7	23986	25 KA	100	C

### Cuadro auxiliar 1.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
1.1	Cuadro auxiliar 1.1	10708	16 KA	63	C
1.2	Cuadro auxiliar 1.2	10708	16 KA	40	C
1.3	Alumbrado	10674	16 KA	16	C
1.4	Alumbrado	10674	16 KA	16	C
1.5	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
	Emergencia 1	10674	16 KA	6	C
1.6	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
1.7	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
1.8	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
	Emergencia 2	10674	16 KA	6	C
1.9	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
1.10	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
1.11	Alumbrado	10674	16 KA	10	C
	Emergencia 3	10674	16 KA	6	C
1.12	Tomas de corriente	10674	16 KA	32	B
1.13	Tomas de corriente	10674	16 KA	32	C
1.14	Tomas de corriente	10674	16 KA	32	C
1.15	Tomas SAI	10674	16 KA	32	B
1.16	Tomas SAI	10674	16 KA	50	B
1.17	Tomas SAI	10674	16 KA	50	B

### Cuadro auxiliar 1.1.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
1.1.1	Alumbrado	7586	10 KA	16	C
1.1.2	Alumbrado	7586	10 KA	16	C
1.1.3	Alumbrado	7586	10 KA	10	C
	Emergencia 4	7586	10 KA	6	C
1.1.4	Alumbrado	7586	10 KA	16	C
1.1.5	Alumbrado	7586	10 KA	10	C
1.1.6	Alumbrado	7586	10 KA	16	C
	Emergencia 5	7586	10 KA	6	C

1.1.7	Alumbrado	7586	10 KA	16	C
1.1.8	Alumbrado	7586	10 KA	10	C
	Emergencia 6	7586	10 KA	6	C
1.1.9	Alumbrado	7586	10 KA	10	C
1.1.10	Alumbrado	7586	10 KA	10	C
	Emergencia 7	7586	10 KA	6	C
1.1.11	Tomas de corriente	7586	10 KA	32	C
1.1.12	Tomas de corriente	7586	10 KA	32	C
1.1.13	Tomas de corriente	7586	10 KA	32	C

### Cuadro auxiliar 1.2.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
1.2.1	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
1.2.2	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
1.2.3	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
	Emergencia 8	4660	6 KA	6	C
1.2.4	Alumbrado	4660	6 KA	16	C
1.2.5	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
	Emergencia 9	4660	6 KA	6	C
1.2.6	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
1.2.7	Alumbrado	4660	6 KA	10	C
	Emergencia 10	4660	6 KA	6	C
1.2.8	Tomas de corriente	4660	6 KA	20	C
1.2.9	Tomas de corriente	4660	6 KA	20	C
1.2.10	Tomas de corriente	4660	6 KA	20	C

### Cuadro auxiliar 2.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
2.1	Alumbrado	3743	4,5 KA	20	C
2.2	Alumbrado	3743	4,5 KA	10	C
2.3	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
	Emergencia 1	3743	4,5 KA	6	C
2.4	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
2.5	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
2.6	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
	Emergencia 2	3743	4,5 KA	6	C
2.7	Alumbrado	3743	4,5 KA	10	C
2.8	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
2.9	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
2.10	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
	Emergencia 3	3743	4,5 KA	6	C
2.11	Alumbrado	3743	4,5 KA	16	C
2.12	Alumbrado	3743	4,5 KA	16	C



2.13	Alumbrado	3743	4,5 KA	6	C
	Emergencia 4	3743	4,5 KA	6	C
2.14	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.15	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.16	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.17	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.18	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.19	Tomas de corriente	3743	4,5 KA	20	C
2.20	Tomas SAI	3743	4,5 KA	20	C
2.21	Tomas SAI	3743	4,5 KA	20	C
2.22	Tomas SAI	3743	4,5 KA	20	C

**Cuadro auxiliar 3.**

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
3.1	Encendido 1	6543	10 KA	40	C
3.2	Encendido 2	6543	10 KA	40	C
3.3	Encendido 3	6543	10 KA	40	C
3.4	Maniobra encendidos	6543	10 KA	6	C
3.5	Encendido 4	6543	10 KA	40	B
3.6	Emergencia 1	6543	10 KA	6	C
3.7	Encendido 5	6543	10 KA	40	B
3.8	Emergencia 2	6543	10 KA	6	B
3.9	Encendido 6	6543	10 KA	40	B
3.10	Emergencia 3	6543	10 KA	6	B

**Cuadro auxiliar 4.**

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
4.1	Encendido produccion 1	5737	6 KA	63	B
4.2	Emergencia 1	5737	6 KA	6	C
4.3	Encendido produccion 2	5737	6 KA	63	B
4.4	Emergencia 2	5737	6 KA	6	C
4.5	Encendido produccion 3	5737	6 KA	63	B
4.6	Emergencia 3	5737	6 KA	6	C
4.7	Maniobra encendidos	5737	6 KA	6	C
4.8	Encendido 1 muelles	5737	6 KA	6	C
4.9	Encendido 2 muelles	5737	6 KA	6	C
4.10	Encendido 3 muelles	5737	6 KA	6	C

**Cuadro auxiliar 5.**

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
5.1	Soldadora automática 1	5898	6 KA	50	B
5.2	Soldadora automática 2	5898	6 KA	50	C
5.3	Soldadora automática 3	5898	6 KA	50	C
5.4	Puerta nave 3	5898	6 KA	6	C

5.5	Puerta nave 4	5898	6 KA	6	C
5.6	Muelle 1	5898	6 KA	6	C
5.7	Muelle 2	5898	6 KA	6	C

### Cuadro auxiliar 6.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
6.1	Puerta nave 1	22731	25 KA	6	C
6.2	Puerta nave 2	22731	25 KA	6	C
6.3	Enmarcadora 1	22731	25 KA	25	B
6.4	Enmarcadora 2	22731	25 KA	25	B
6.5	Colocadora 1	22731	25 KA	25	B
6.6	Colocadora 2	22731	25 KA	25	B
6.7	Banda transportadora	22731	25 KA	25	C
6.8	Compresor	22731	25 KA	25	C
6.9	Laminadora 1	22731	25 KA	25	C
6.10	Laminadora 2	22731	25 KA	25	C
6.11	Laminadora 3	22731	25 KA	25	C
6.12	Simulador 1	22731	25 KA	40	B
6.13	Simulador 2	22731	25 KA	40	B
6.14	Simulador 3	22731	25 KA	40	C

### Cuadro auxiliar 7.

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
7.1	Cuadro T.C. 1	16070	22 KA	63	C
7.2	Cuadro T.C. 2	16070	22 KA	63	C
7.3	Cuadro T.C. 3	16070	22 KA	63	C
7.4	Cuadro T.C. 4	16070	22 KA	63	C
7.5	Cuadro T.C. 5	16070	22 KA	63	C
7.6	Cuadro T.C. 6	16070	22 KA	63	C
7.7	Cuadro T.C. 7	16070	22 KA	63	C
7.8	Cuadro T.C. 8	16070	22 KA	63	C
7.9	Cuadro T.C. 9	16070	22 KA	63	C

### Cuadros T.C. nave. (9 unidades)

Circuito	Receptor	Icc max	PdC	Calibre	Curva
7.1.1	T.C. Trifásica	1134	4.5 KA	40	B
7.1.2	T.C. Monofásica	1134	4.5 KA	16	C
7.1.3	T.C. Monofásica	1134	4.5 KA	16	C
7.1.4	T.C. Monofásica	1134	4.5 KA	16	C

## **2.6 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **2.6.1 BATERÍA DE CONDENSADORES PARA LA INSTALACIÓN**

Calculo la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el  $\cos \varphi$  medio:

**Cuadro auxiliar 1.**

<b>Circuito</b>	<b>Receptor</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b><math>\cos \varphi</math></b>	<b>S (VA)</b>
1.1	Cuadro auxiliar 1.1	25668		30577,6
1.2	Cuadro auxiliar 1.2	14564		17199,9
1.3	Alumbrado	1296	0,9	1440,0
1.4	Alumbrado	1296	0,9	1440,0
1.5	Alumbrado	1080	0,9	1200,0
	Emergencia 1	72	1	72,0
1.6	Alumbrado	864	0,9	960,0
1.7	Alumbrado	1080	0,9	1200,0
1.8	Alumbrado	848	0,9	942,2
	Emergencia 2	56	1	56,0
1.9	Alumbrado	1008	0,9	1120,0
1.10	Alumbrado	720	0,9	800,0
1.11	Alumbrado	1092	0,9	1213,3
	Emergencia 3	96	1	96,0
1.12	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
1.13	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
1.14	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
1.15	Tomas SAI	5000	0,8	6250,0
1.16	Tomas SAI	5000	0,8	6250,0
1.17	Tomas SAI	5000	0,8	6250,0
	<b>TOTAL</b>	<b>79740</b>		<b>95817,0</b>

**Cuadro auxiliar 1.1.**

<b>Circuito</b>	<b>Receptor</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b><math>\cos \varphi</math></b>	<b>S (VA)</b>
1.1.1	Alumbrado	1296	0,9	1440,0
1.1.2	Alumbrado	1296	0,9	1440,0
1.1.3	Alumbrado	992	0,9	1102,2
	Emergencia 4	48	1	48,0
1.1.4	Alumbrado	1152	0,9	1280,0
1.1.5	Alumbrado	1008	0,9	1120,0
1.1.6	Alumbrado	1296	0,9	1440,0

	Emergencia 5	48	1	48,0
1.1.7	Alumbrado	1224	0,9	1360,0
1.1.8	Alumbrado	768	0,9	853,3
	Emergencia 6	40	1	40,0
1.1.9	Alumbrado	832	0,9	924,4
1.1.10	Alumbrado	572	0,9	635,6
	Emergencia 7	96	1	96,0
1.1.11	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
1.1.12	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
1.1.13	Tomas de corriente	5000	0,8	6250,0
	<b>TOTAL</b>	<b>25668</b>		<b>30577,6</b>

**Cuadro auxiliar 1. 2.**

<b>Circuito</b>	<b>Receptor</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>cos <math>\varphi</math></b>	<b>S (VA)</b>
1.2.1	Alumbrado	1008	0,9	1120,0
1.2.2	Alumbrado	1008	0,9	1120,0
1.2.3	Alumbrado	1008	0,9	1120,0
	Emergencia 8	64	1	64,0
1.2.4	Alumbrado	1440	0,9	1600,0
1.2.5	Alumbrado	720	0,9	800,0
	Emergencia 9	64	1	64,0
1.2.6	Alumbrado	624	0,9	693,3
1.2.7	Alumbrado	1040	0,9	1155,6
	Emergencia 10	88	1	88,0
1.2.8	Tomas de corriente	2500	0,8	3125,0
1.2.9	Tomas de corriente	2500	0,8	3125,0
1.2.10	Tomas de corriente	2500	0,8	3125,0
	<b>TOTAL</b>	<b>14564</b>		<b>17199,9</b>

**Cuadro auxiliar 2.**

<b>Circuito</b>	<b>Receptor</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>cos <math>\varphi</math></b>	<b>S (VA)</b>
2.1	Alumbrado	2160	0,9	2400,0
2.2	Alumbrado	720	0,9	800,0
2.3	Alumbrado	432	0,9	480,0
	Emergencia 1	56	1	56,0
2.4	Alumbrado	432	0,9	480,0
2.5	Alumbrado	432	0,9	480,0
2.6	Alumbrado	432	0,9	480,0

	Emergencia 2	24	1	24,0
2.7	Alumbrado	432	0,9	480,0
2.8	Alumbrado	312	0,9	346,7
2.9	Alumbrado	144	0,9	160,0
2.10	Alumbrado	364	0,9	404,4
	Emergencia 3	56	1	56,0
2.11	Alumbrado	1276	0,9	1417,8
2.12	Alumbrado	1276	0,9	1417,8
2.13	Alumbrado	260	0,9	288,9
	Emergencia 4	104	1	104,0
2.14	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.15	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.16	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.17	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.18	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.19	Tomas de corriente	2000	0,8	2500,0
2.20	Tomas SAI	2000	0,8	2500,0
2.21	Tomas SAI	2000	0,8	2500,0
2.22	Tomas SAI	2000	0,8	2500,0
	<b>TOTAL</b>	<b>26912</b>		<b>32375,6</b>

### Cuadro auxiliar 3.

Circuito	Receptor	Potencia (W)	cos $\varphi$	S (VA)
3.1	Encendido 1	4000	0,9	4444,4
3.2	Encendido 2	4000	0,9	4444,4
3.3	Encendido 3	4000	0,9	4444,4
3.4	Maniobra encendidos	0	1	0,0
3.5	Encendido 4	4000	0,9	4444,4
3.6	Emergencia 1	416	0,9	462,2
3.7	Encendido 5	4000	0,9	4444,4
3.8	Emergencia 2	416	0,9	462,2
3.9	Encendido 6	4000	0,9	4444,4
3.10	Emergencia 3	416	0,9	462,2
	<b>TOTAL</b>	<b>25248</b>		<b>28053,3</b>

**Cuadro auxiliar 4.**

Circuito	Receptor	Potencia (W)	cos $\varphi$	S (VA)
4.1	Encendido produccion 1	5600	0,9	6222,2
4.2	Emergencia 1	208	1	208,0
4.3	Encendido produccion 2	5600	0,9	6222,2
4.4	Emergencia 2	208	1	208,0
4.5	Encendido produccion 3	5600	0,9	6222,2
4.6	Emergencia 3	208	1	208,0
4.7	Maniobra encendidos		1	0,0
4.8	Encendido 1 muelles	400	0,9	444,4
4.9	Encendido 2 muelles	400	0,9	444,4
4.10	Encendido 3 muelles	400	0,9	444,4
	<b>TOTAL</b>	<b>18624</b>		<b>20624,0</b>

**Cuadro auxiliar 5.**

Circuito	Receptor	Potencia (W)	cos $\varphi$	S (VA)
5.1	Soldadora automatica 1	20000	0,7	28571,4
5.2	Soldadora automatica 2	20000	0,7	28571,4
5.3	Soldadora automatica 3	20000	0,7	28571,4
5.4	Puerta nave 3	750	0,9	833,3
5.5	Puerta nave 4	750	0,9	833,3
5.6	Muelle 1	750	0,9	833,3
5.7	Muelle 2	750	0,9	833,3
	<b>TOTAL</b>	<b>63000</b>		<b>89047,6</b>

**Cuadro auxiliar 6.**

Circuito	Receptor	Potencia (W)	cos $\varphi$	S (VA)
6.1	Puerta nave 1	750	0,9	833,3
6.2	Puerta nave 2	750	0,9	833,3
6.3	Enmarcadora 1	10000	0,8	12500,0
6.4	Enmarcadora 2	10000	0,8	12500,0
6.5	Colocadora 1	10000	0,9	11111,1

6.6	Colocadora 2	10000	0,9	11111,1
6.7	Banda transportadora	10000	0,9	11111,1
6.8	Compresor	10000	0,85	11764,7
6.9	Laminadora 1	8000	0,8	10000,0
6.10	Laminadora 2	8000	0,8	10000,0
6.11	Laminadora 3	8000	0,8	10000,0
6.12	Simulador 1	5000	0,8	6250,0
6.13	Simulador 2	5000	0,8	6250,0
6.14	Simulador 3	5000	0,8	6250,0
	<b>TOTAL</b>	<b>100500</b>		<b>120514,7</b>

### Cuadro auxiliar 7.

Circuito	Receptor	Potencia (W)	cos $\varphi$	S (VA)
7.1	Cuadro T.C. 1	25000	0,85	29411,8
7.2	Cuadro T.C. 2	25000	0,85	29411,8
7.3	Cuadro T.C. 3	25000	0,85	29411,8
7.4	Cuadro T.C. 4	25000	0,85	29411,8
7.5	Cuadro T.C. 5	25000	0,85	29411,8
7.6	Cuadro T.C. 6	25000	0,85	29411,8
7.7	Cuadro T.C. 7	25000	0,85	29411,8
7.8	Cuadro T.C. 8	25000	0,85	29411,8
7.9	Cuadro T.C. 9	25000	0,85	29411,8
	<b>TOTAL</b>	<b>225000</b>		<b>264705,9</b>

Con estos datos:

$$\cos \varphi \text{ medio} = \sum P / \sum S = 539024 / 651138.096 = 0.828$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P * \operatorname{tg} \varphi = 365.031 \text{ KVar.}$$

Se quiere un coseno cercano a 1, con  $\cos \varphi' = 0.95$ :

$$Q' = P * \operatorname{tg} \varphi' = 177.168 \text{ KVar.}$$

Por lo que la potencia a compensar sería:

$$Q_b = Q - Q' = 187.863 \text{ KVar}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 187.863 Kvar.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 200 KVar CLMH-1 de ABB 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

### 2.6.2 CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE UNIÓN DE LA BATERÍA

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_n \cdot \cos\phi$$

Siendo:

$\cos\phi = 1$ , el de la batería de condensadores

$V = 400 \text{ V}$

$Q$  = potencia de la batería de condensadores (200 KVA).

Sustituyendo y despejando  $I_n = 288.67 \text{ A}$

El cable de la conexión de la batería con el C.G.D. tendrá una sección de  $150 \text{ mm}^2$ , RV-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN

Se comprueba que la caída de tensión es menor del 5%:

$$\Delta V\% = \frac{P \cdot L \cdot 100}{C \cdot S \cdot V^2} = \frac{539024 \cdot 20 \cdot 100}{56 \cdot 150 \cdot 400^2} = 0.80 \% .$$

### 2.6.3 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN DE LA BATERÍA

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 288.67 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.D.

$$I_{cc} = 23,788 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 25 KA y calibre 320 A.



## **2.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA**

### **2.7.1 RESISTENCIA DEL ELECTRODO**

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:

Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, suelo pedregoso cubierto de césped de 300 a 500  $\Omega\text{m}$  (valor medio 400  $\Omega\text{m}$ ).

- Tensión máxima de contacto 50 V.
- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300 mA.
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s} = 166.67 \Omega$$

### **2.7.2 CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO**

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la empresa, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Se calculará el valor de la resistencia de tierra en el caso del defecto a tierra más desfavorable, es decir, cuando la corriente de defecto sea mayor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, se ha de buscar la máquina con menor resistencia a tierra, que es la máquina con mayor corriente de defecto: en este caso es la Soldadora automática 3, del cuadro auxiliar 5.

La resistencia a tierra (del conductor de protección de la máquina con menor resistencia a tierra, que la une con su correspondiente cuadro secundario, el cual va unido a la línea principal de tierra) para esta máquina, viene dada por la expresión:

$$R_{t1} (6 \text{ m}) = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{20}{6} = 0,059 \Omega$$

$$R_{t2} (52 \text{ m}) = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{52}{25} = 0,037 \Omega$$

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} = 0,096 \Omega$$

Siendo:

R = resistencia a tierra, en  $m\Omega$

$\rho$  = resistividad del cobre (1/56).

L = longitud de la línea principal de tierra hasta el defecto, en metros.

S = sección de la línea principal de tierra, en  $mm^2$ .

La resistencia a tierra de una pica, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, viene dada por la expresión:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{400}{2} = 200\Omega$$

La resistencia de cuatro picas será:

$$R_p = R_1 // R_2 // R_3 // R_4 = 50\Omega.$$

Donde:

R = resistencia a tierra, en  $\Omega$

$\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega m$ .

L = longitud de la pica o del conductor (m).

La resistencia del conductor que las une, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, será:

$$R_c = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{400}{425} = 1.88 \Omega$$

La resistencia del conjunto será:

$$R_T = R_p // R_c = 1.81 \Omega.$$

Resultando la resistencia a tierra total:

$$R = R_T + R_t = 1.907 \Omega.$$

Como se ve, se cumplen las prescripciones expuestas en el punto 1 de este documento, ya que  $1.907 \Omega < 166,67 \Omega$ , con lo que la instalación a tierra es correcta. Debido al mallazo de cimentación la resistencia a tierra será menor todavía, con lo cual se cumple de sobra la exigencia.

## **2.8 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.8.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN**

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en KVA. (800 KVA)

$U$  = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

$I_p$  = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = 35 \text{ A}$$

### **2.8.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN**

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en KVA. (800 KVA)

$W_{Cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador.

$W_{Fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador.

$U$  = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios. (0,4 KV)

$I_s$  = Intensidad secundaria en amperios.

Despreciándolas pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$$I_s = 1155 \text{ A}$$

### **2.8.3 CORTOCIRCUITOS**

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

### 2.8.3.1 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA (500 MVA).

$U$  = tensión primaria en KV (13,2 KV).

$I_{ccp}$  = intensidad de cortocircuito primaria en KA.

Sustituyendo valores se tendrá una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de alta tensión de:

$$I_{ccp} = 21.87 \text{ KA (intensidad de cortocircuito en el primario)}$$

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s}$$

Siendo:

$S$  = potencia del transformador en KVA (800 KVA).

$U_{cc}$  = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (6 %).

$U_s$  = tensión secundaria en carga en voltios.

$I_{ccs}$  = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

Sustituyendo valores, se tendrá:

$$I_{ccs} = 19.25 \text{ KA (intensidad de cortocircuito en el secundario)}$$

### 2.8.4 DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termorretráctil. Consta de 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de 375 mm de longitud, diámetro exterior 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm<sup>2</sup>.

Las barras se fijan a las conexiones existentes en la parte superior del cárter de aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador de SF6). La fijación de las barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 750 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Se debe asegurar que el límite térmico sea superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal = 400A.
- Límite térmico = 24 KA eficaces.
- Límite termodinámico = 60 KA cresta.

#### 2.8.4.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

El juego de barras de las celdas SM6 está formado por 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de diámetro exterior de 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm<sup>2</sup>.

La densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{400}{198} = 2.02 \frac{A}{mm^2}$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20mm y de 818 A para diámetro 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3.42 A/mm<sup>2</sup> y 2.99 A/mm<sup>2</sup> respectivamente. Iterando obtiene una densidad máxima admisible de 3.29 A/mm<sup>2</sup> para el diámetro de 24 mm, valor superior al calculado (2.02A/mm<sup>2</sup>) para un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

#### 2.8.4.2 COMPROBACIÓN PR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objetivo verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para el cálculo se considera un cortocircuito trifásico de 24 KA eficaces y 60 KA cresta. El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F = 13.85 \times 10^{-7} \times f \times \frac{I_{cc}^2}{d} \times L \times \left( \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Newtons.

f = Coeficiente en función de  $\cos \varphi$ , siendo  $f = 1$  para  $\cos \varphi = 0$ .

I<sub>cc</sub> = Intensidad máxima de cortocircuito en amperios, 24000.

D = Separación entre fases en milímetros, 200 mm.

L = Longitud de los tramos del embarrado en milímetros, 375 mm.

Se obtiene una fuerza de 897.48 N, que está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{9.81 \times L} = \frac{897.48}{9.81 \times 375} 0.244 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se producirá en los extremos, siendo:

$$M_{\max} = \frac{q \times L^2}{12} = \frac{0.244 \times 375^2}{12} = 2859.38 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 280 kg.m. El par máximo calculado es inferior al de apriete, por lo que los tornillos están bien dimensionados.

El embarrado tiene un diámetro exterior D = 24 mm y un diámetro interior d = 18 mm. El módulo resistente de la barra será:

$$W = \frac{\pi}{32} \times \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = 3.08 \text{ kg/mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío se tiene que  $r = 19 \text{ Kg/mm}^2$ , superior al calculado.

#### 2.8.4.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aplicación de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con la CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{13} \times \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

Siendo:

S = Sección de la barra de cobre en mm<sup>2</sup>, 198 mm<sup>2</sup>.

I = Intensidad eficaz en amperios.

t = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

$\Delta\theta = 180^{\circ}\text{C}$  para conductores inicialmente a temperatura ambiente.

Suponiendo que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la corriente nominal, se tendría una temperatura aproximadamente de 30°C superior a la temperatura ambiente, por lo que  $\Delta\theta = 150^{\circ}\text{C}$ . Para una corriente de 24 KA:

$$t = \Delta\theta \times \left( \frac{S \times \alpha}{I} \right)^2 = 150 \times \left( \frac{198 \times 13}{24000} \right)^2 = 1.72s$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 24 KA eficaces durante más de un segundo.

## 2.8.5 OTRAS INSTALACIONES DEL CENTRO

### 2.8.5.1 LÁMPARAS Y LUMINARIAS

Debido a las reducidas dimensiones del CT, se ha decidido colocar dos puntos de luz. Las lámparas son fluorescentes de la marca Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13.

- Tipo de local: centro de transformación.
- Área del local: 9,4 m<sup>2</sup>
- Solución: 2 lámparas MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13.
- Potencia: 72 W

### 2.8.5.2 LUMINARIAS DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN

- Tipo de local: centro de transformación.
- Área del local: 9,4 m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes / m<sup>2</sup>.
- Solución: 1 lámpara de emergencia y señalización de NORMALUX, modelo: STYLO BLOQUE S-60 4W.
- Lúmenes proporcionados: 60.
- Potencia: 4 W

### 2.8.5.3 CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Línea	Descripción	P(W)	V(v)	Cosφ	Ia (A)	Factor de corrección	Ic(A)	Fase
T.I.	Iluminación del centro	72	230	1	0,31	1,00	0,31	Monofásico
T.I.E.	Iluminación de emergencia y señalización	4	230	1	0,02	1,8	0,04	Monofásico
T.T.	Toma de corriente monofásica	3680	230	1	16	1,00	16	Monofásico
Total		3756					16,35	

### 2.8.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Línea	Ia (A)	Cosφ	Fc	Ic'(A)	Canalización	S (mm <sup>2</sup> )	L (m)	e (v)	e (%)
T.I.	0,31	0,95	1	0,32	Tubo de PVC	2×1,5 + 1,5T	5	0,22	0,06
T.I.E.	0,02	0,95	1	0,02	Tubo de PVC	2×1,5 + 1,5T	6	0,29	0,07
T.T.	16	0,95	1	16	Tubo de PVC	2×2,5 + 2,5T	4	1,40	0,35
Total	16,35			16,36					

### 2.8.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El objeto de la ventilación en los centros de transformación es evacuar el calor producido en el transformador o transformadores debido a las pérdidas magnéticas (pérdidas en vacío) y las de los arrollamientos por efecto Joule (pérdidas en carga).

El caudal de aire es función de las pérdidas de potencia del transformador y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de aire (15°C como máximo según proyecto tipo UNESA). Considerando que 1m<sup>3</sup> de aire por segundo absorbe 1.16 KW por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

$$Q = \frac{P_p}{1.16 \times \Delta\theta_{aire}} = \frac{2 + 8.2}{1.16 \times 15} 0.586 m^3/s$$

Siendo:

Q = Caudal de aire en m<sup>3</sup>/s.



$P_p$  = Pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW.

$\Delta\theta_{\text{aire}}$  = Incremento de la temperatura del aire en °C.

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en m<sup>3</sup>/s y de la velocidad de salida del aire en m/s.

$$S_{\text{rejilla}} = \frac{Q}{V_s}$$

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las láminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según MIE RAT 13, disminuyen el paso del aire; por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

La ventilación de salida del aire es función de la distancia vertical en metros entre los centros de las dos rejillas, y del incremento de la temperatura del aire en °C.

$$V_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\theta_{\text{aire}}} = 4.6 \times \frac{\sqrt{2}}{15} = 0.434 \text{ m/s}$$

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:

$$S_{\text{rejilla}} = 1.4 \times \frac{Q}{V_s} = 1.4 \times \frac{0.586}{0.434} = 1.89 \text{ m}^2$$

La superficie de rejilla para la salida del aire caliente debe ser mayor que la superficie de la rejilla para la entrada de aire, admitiéndose la relación:

$$S_{\text{entrada}} = 0.92 \times S_{\text{salida}}$$

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es:  $S_{\text{salida}} = 2.06 \text{ m}^2$ .

El edificio dispondrá de 1 rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral izquierda inferior (detrás del transformador), de dimensiones 2200/900 mm y superficie total de 1.98 m<sup>2</sup>, que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte superior lateral, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 2200/1000 mm, con superficie de 2.2 m<sup>2</sup>. Consiguiendo así una superficie total de rejilla para salida de aire de 2.20 m<sup>2</sup>. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia media verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

Por otra parte, decir que el precio de dichas rejillas así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado.

### 2.8.7 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciado total. Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros, no habrá ninguna delimitación en ese sentido ya que entrará toda la totalidad del aceite, 540 litros, que está incorporado en el transformador.

### 2.8.8 CALCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Deberán estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas, tal y como se calcula posteriormente.

Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media superficial de 400  $\Omega\text{m}$ .
- Tensión de red = 13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24 KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las E.S.E.:  $I_d = 400\text{ A}$ .

Características del centro de transformación:

- La caseta tiene 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- Resistividad de terreno:  $\rho = 400\Omega\text{m}$ .
- Resistividad del hormigón:  $\rho_H = 3000\Omega\text{m}$ .

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos (gráfica de duración de defecto), según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía son:

$$K = 0,72$$

$$n = 1$$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación estará limitado por el nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación, y será:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{400} = 25\Omega$$

Siendo:

$R_t$  = resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT.

$U_{BT}$  = Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación en voltios.

$I_d$  = Corriente de defecto máxima de acuerdo con las normas de Iberdrola en amperios.

El valor de  $K_r$  será menor que el que da el valor de la resistencia máxima de puesta a tierra.

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{25}{400} = 0.0625 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

### 2.8.8.1 MÉTODO EMPLEADO EN LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

#### A) TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos según el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-30/8/84 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,062 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} < 0,075 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$K_p = 0,0096 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

$$K_c = 0,0232 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

Siendo:

$K_r$  = resistencia.

$K_p$  = tensión de paso.

$K_c$  = tensión de contacto exterior.

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.



Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros, estas 8 picas formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean iguales o inferiores a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1kV protegido contra daños mecánicos.

## B) TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración 8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,0556 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$K_p = 0,00255 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

- Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm, y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 metros. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1 kV protegido contra daños mecánicos.

Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

### 2.8.8.2 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

#### A) TIERRA DE PROTECCIÓN

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes:  $R_n = 0 \Omega$  ;  $X_n = 25 \Omega$ .

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro ( $R_t$ ), y tensión de defecto correspondiente ( $U_d$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t'$ :

$$R_t' = K_r \times \rho = 0.062 \times 400 = 24.8 \Omega$$

- Intensidad de defecto ( $I_d'$ ):

$$I_d' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_r')^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 24.8)^2 + 25^2}} = 216.42 A$$

- Tensión de defecto,  $U_d'$ :

$$U_d' = I_d' \times R_t = 216.42 \times 24.8 = 5367.22 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d'$ ), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de alta tensión deterioren los elementos de baja tensión del centro, y por consiguiente no afecten a la red de baja tensión.

Se comprobará asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

#### B) TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r \times \rho = 0,0556 \times 400 = 22.24 \Omega$$

Inferior a  $25 \Omega$

### 2.8.8.3 TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

- Tensión de paso en el exterior,  $Up'$ :

$$Up' = kp \cdot Id' \cdot \rho = 0.0096 \times 216.42 \times 400 = 831.05 \text{ V}$$

#### 2.8.8.4 TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El piso del centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a  $0,30 \times 0,30$  m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue proteger a la persona que deba acceder a una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

El prefabricado de hormigón de ORMAZABAL está construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$Up (\text{contacto}) = Up'(\text{acc}) = kc \cdot Id' \cdot \rho = 0,0232 \cdot 216.42 \cdot 400 = 2008.38 \text{ V}$$

#### 2.8.8.5 TENSIONES APLICADAS

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro, se emplearán las siguientes expresiones:

$$Up (\text{paso}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

$$Up (\text{contacto}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho h}{1000} \right)$$

Siendo:

$U_p$  = tensiones de paso en voltios.

$k = 72$ .

$n = 1$ .

$t$  = duración de la falta en segundos (0,45 s.).

$\rho$  = resistividad del terreno.

$\rho_H$  = resistividad del hormigón ( $3000 \Omega \cdot m$ ).

Obteniendo los siguientes resultados:

$U_p$  (paso) = 5440 V.

$U_p$  (contacto) = 17920 V.

Así pues, se comprobará que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:

$U_p' = 831.05 \text{ V} < U_p$  (paso) = 5440 V.

- En el acceso al centro de transformación:

$U_p'$ (acc) = 2008.38 V <  $U_p$  (contacto) = 17920 V.

Ahora se comprobará los valores de defecto:

$U_d' = 5367.22 \text{ V} < U_{BT} = 24000 \text{ V}$

#### 2.8.8.6 TENSIONES TRANSFERIDAS AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones superior a 1000 V cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ( $D_{\min}$ ), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho \cdot I_d'}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{400 \times 216.42}{2 \times \pi \times 1000} = 13.78m$$



#### 2.8.8.7 CORRECCIÓN Y AJUSTE SI PROCEDE

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido en el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

PLANOS

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



### **3. PLANOS**

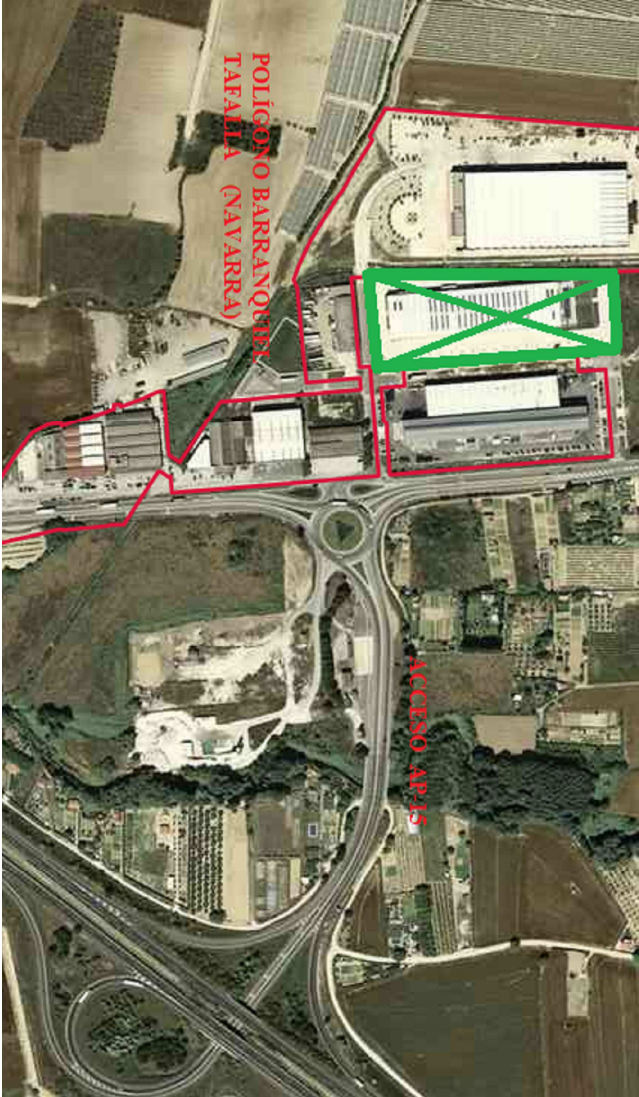
## **ÍNDICE**

3.1 SITUACION NAVE INDUSTRIAL.....	1
3.2 PLANTA NAVE INDUSTRIAL.....	2
3.3 CUADROS ELECTRICOS Y MAQUINAS NAVE.....	3
3.4 ALUMBRADO Y ALUMBRADO DE EMERGENCIA NAVE .....	4
3.5 ALUMBRADO, ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE OFICINAS NORTE.....	5
3.6 ALUMBRADO, ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE OFICINAS SUR .....	6
3.7 PUESTA A TIERRA NAVE INDUSTRIAL.....	7
3.8 UNIFILAR CGP .....	8
3.9 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1.....	9
3.10 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1.1.....	10
3.11 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1.2.....	11
3.12 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2.....	12
3.13 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3.....	13
3.14 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4.....	14
3.15 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5.....	15
3.16 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 6.....	16
3.17 UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 7.....	17
3.18 UNIFILAR CUADROS TOMAS DE CORRIENTE.....	18
3.19 CENTRO DE TRANSFORMACION .....	19
3.20 UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACION .....	20
3.21 UNIFILAR CUADRO B.T. DENTRO TRANSFORMACION .....	21
3.22 REJILLAS CENTRO DE TRANSFORMACION .....	22
3.23 TIERRAS CENTRO DE TRANSFORMACION .....	23

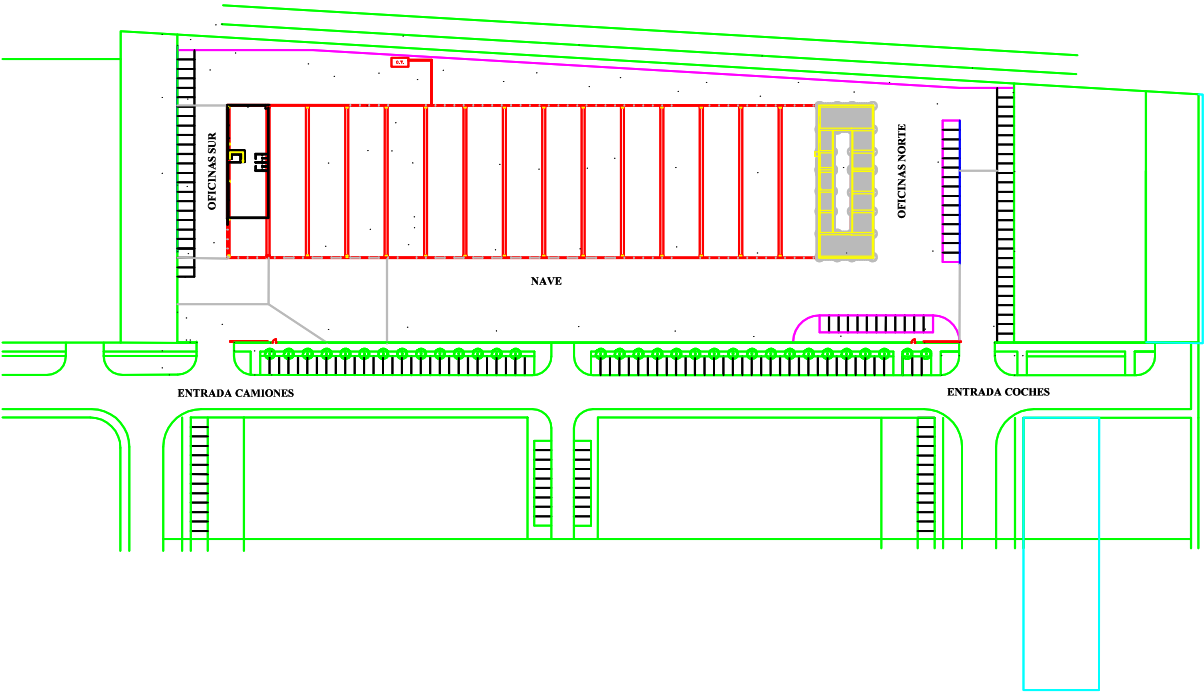
SITUACIÓN: NAVARRA, TAFALLA




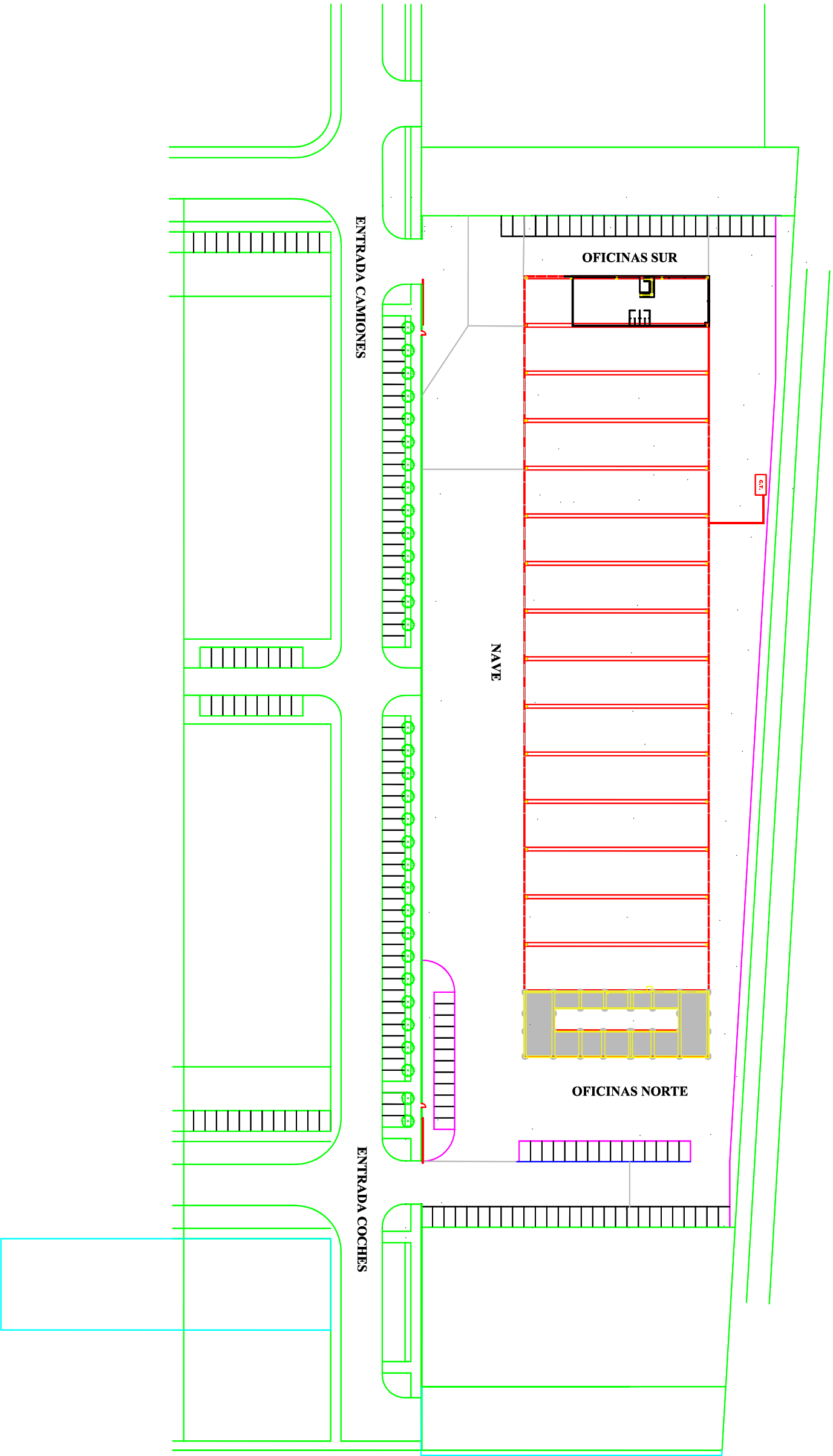
EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO BARRANQUEL (TAFALLA)




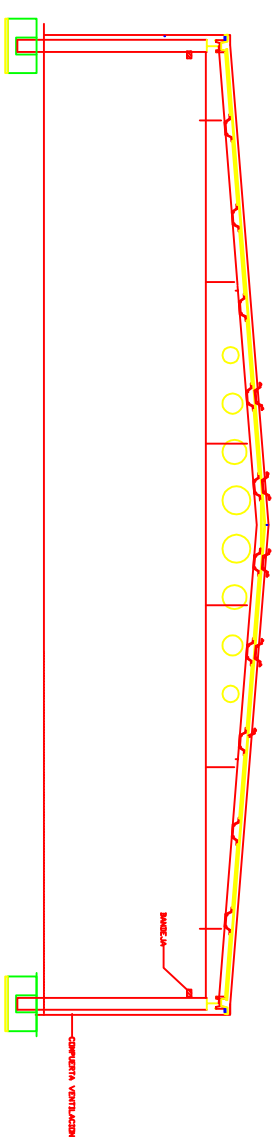
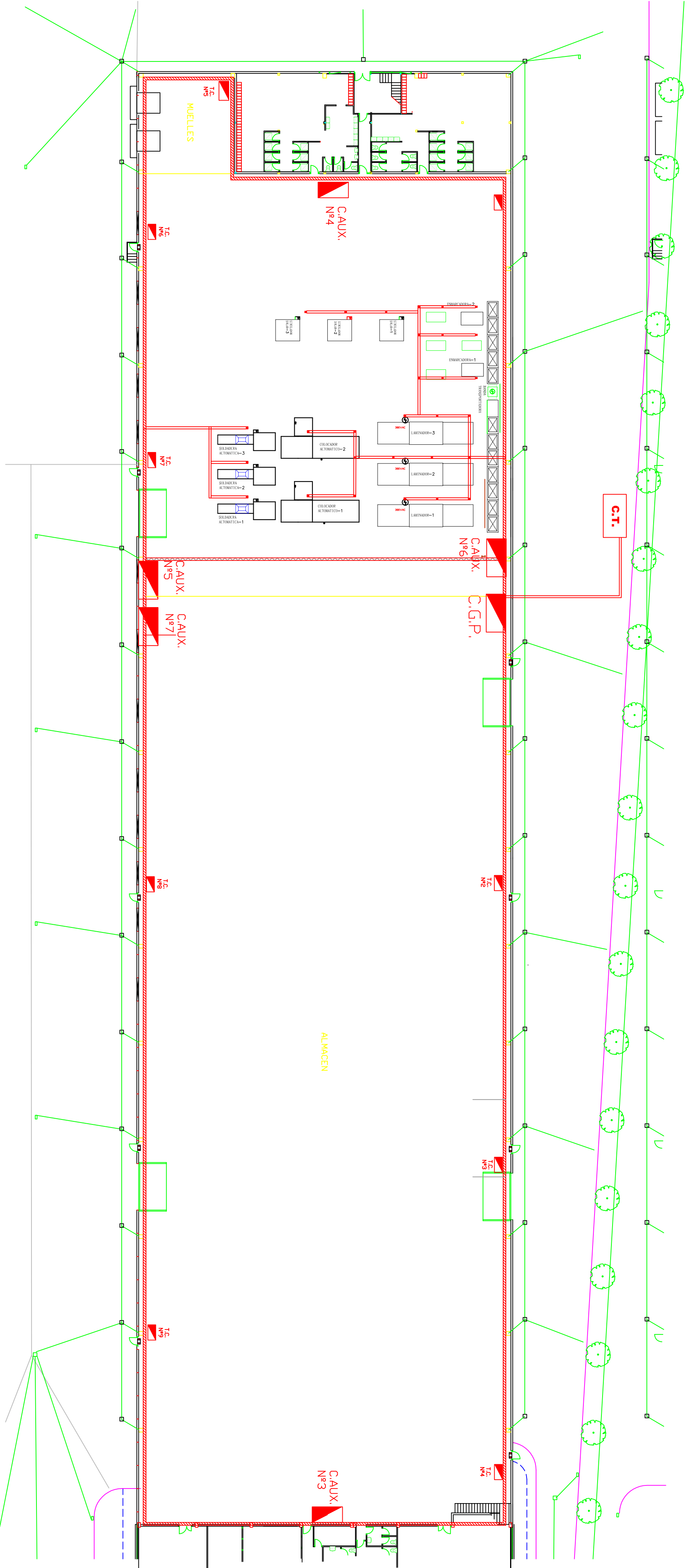
PARCELA





<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO:</div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div><div>PROYECTO:</div><div>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</div></div>		<div><div>REALIZADO:</div><div>GOÑI EGUARAS, DANIEL</div></div>		<div><div>FIRMA:</div><div></div></div>	
<div><div>PLANO:</div><div>SITUACIÓN</div></div>		<div><div>FECHA:</div><div>FEBRERO 2011</div></div>		<div><div>ESCALA:</div><div>S/E</div></div>	
		<div><div>Nº PLANO:</div><div>1</div></div>		<div><div>upma</div><div>Todos los derechos reservados Eskubide guztiak erresalbatu dira</div></div>	




<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO:</div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div><div>PROYECTO:</div><div>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</div></div>		<div><div>REALIZADO:</div><div>GOÑI EGUARAS, DANIEL</div></div>		<div><div>FIRMA:</div><div></div></div>	
<div><div>PLANO:</div><div>PLANTA NAVE</div></div>		<div><div>FECHA:</div><div>FEBRERO 2011</div></div>	<div><div>ESCALA:</div><div>1:1000</div></div>	<div><div>Nº PLANO:</div><div>2</div></div>	

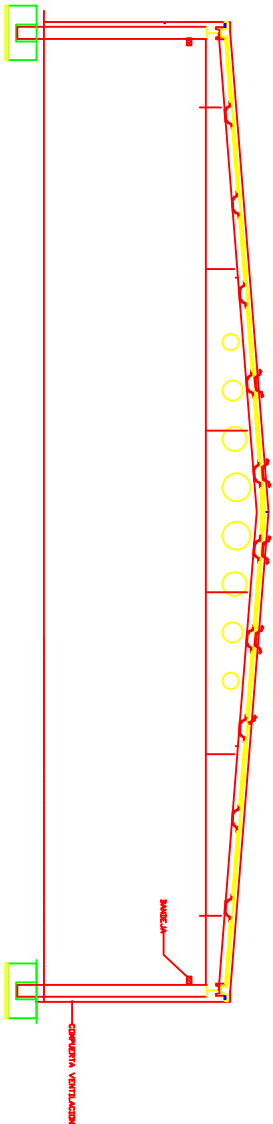
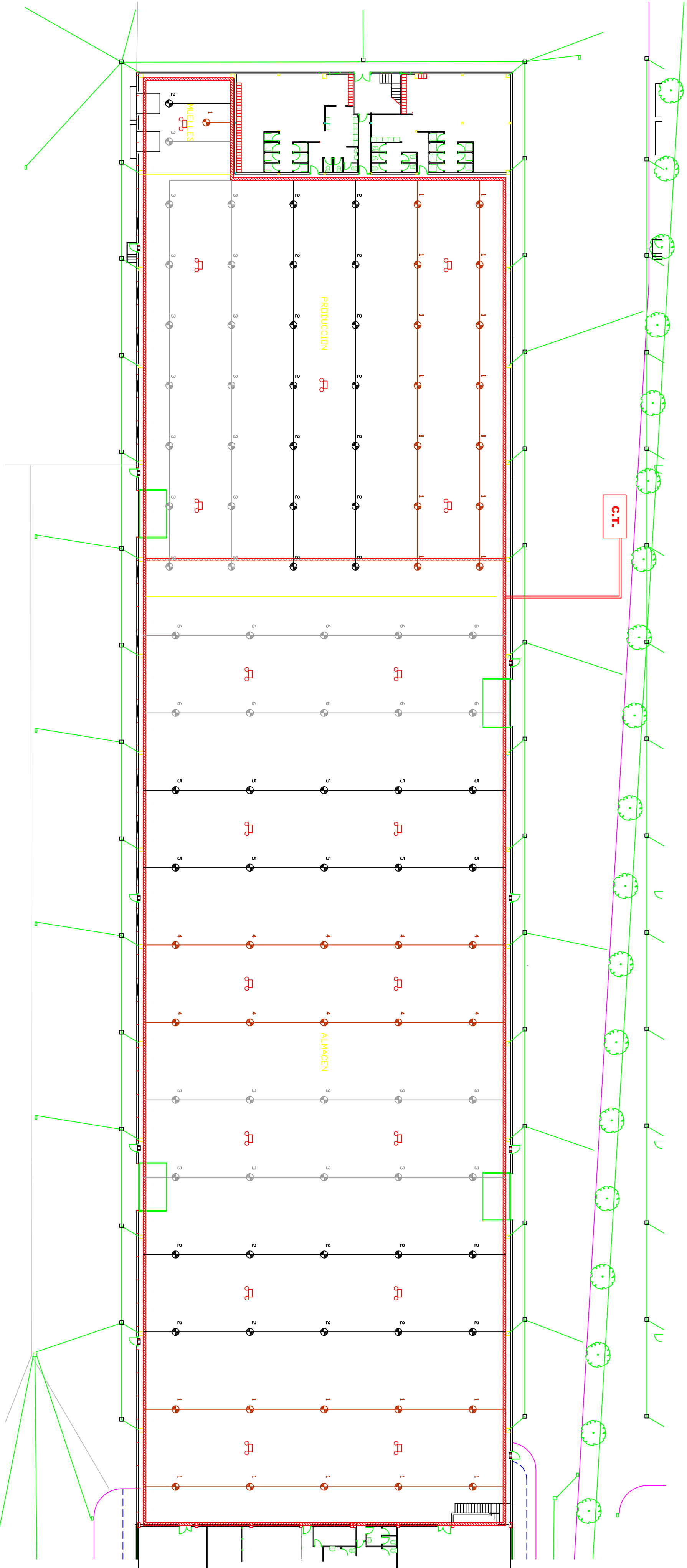


LEYENDA:

-  CGP Y CUADROS AUXILIARES
-  BANDEJA PORTACABLES

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA: GOÑI EGUARAS, DANIEL		FECHA: FEBRERO 2011	
PLANO: DISTRIBUCIÓN DE CUADROS Y MÁQUINAS NAVE		ESCALA: 1:300		Nº PLANO: 3	

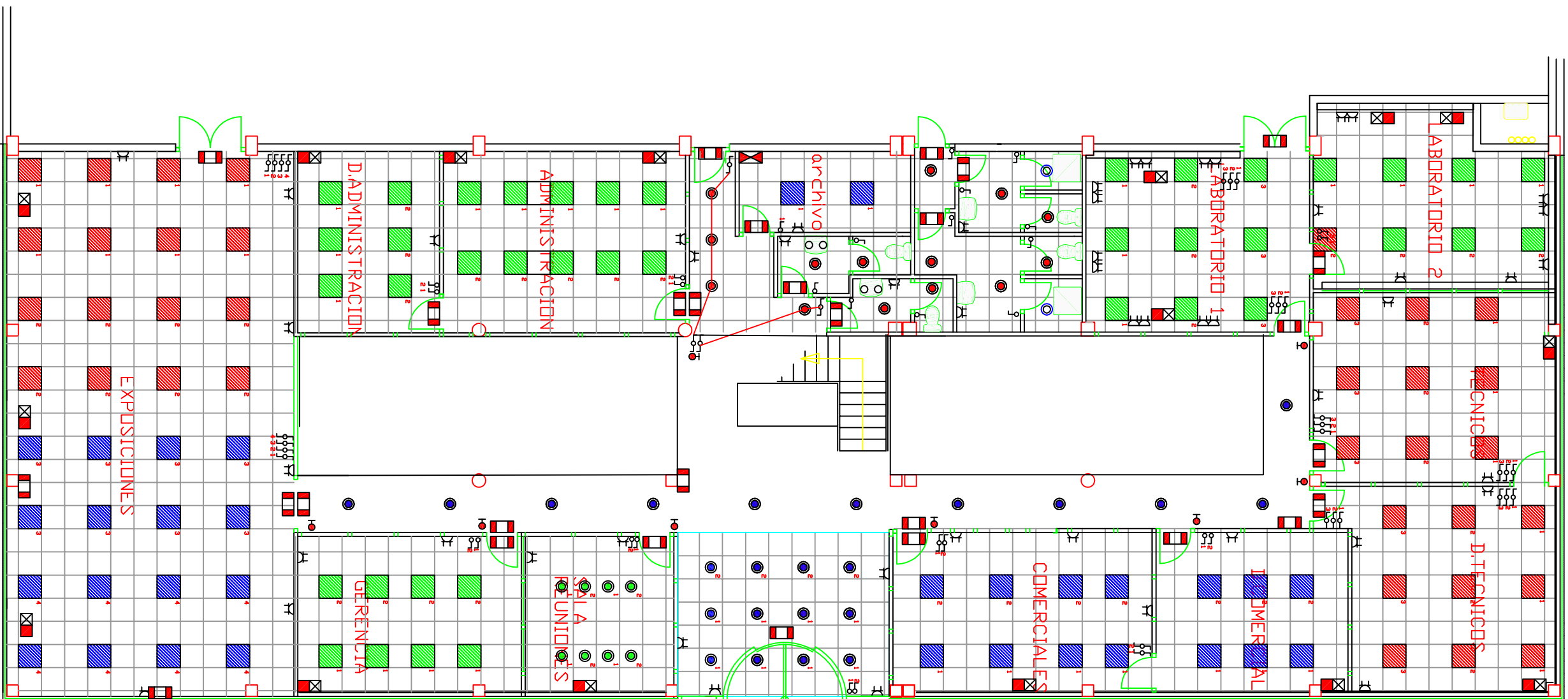
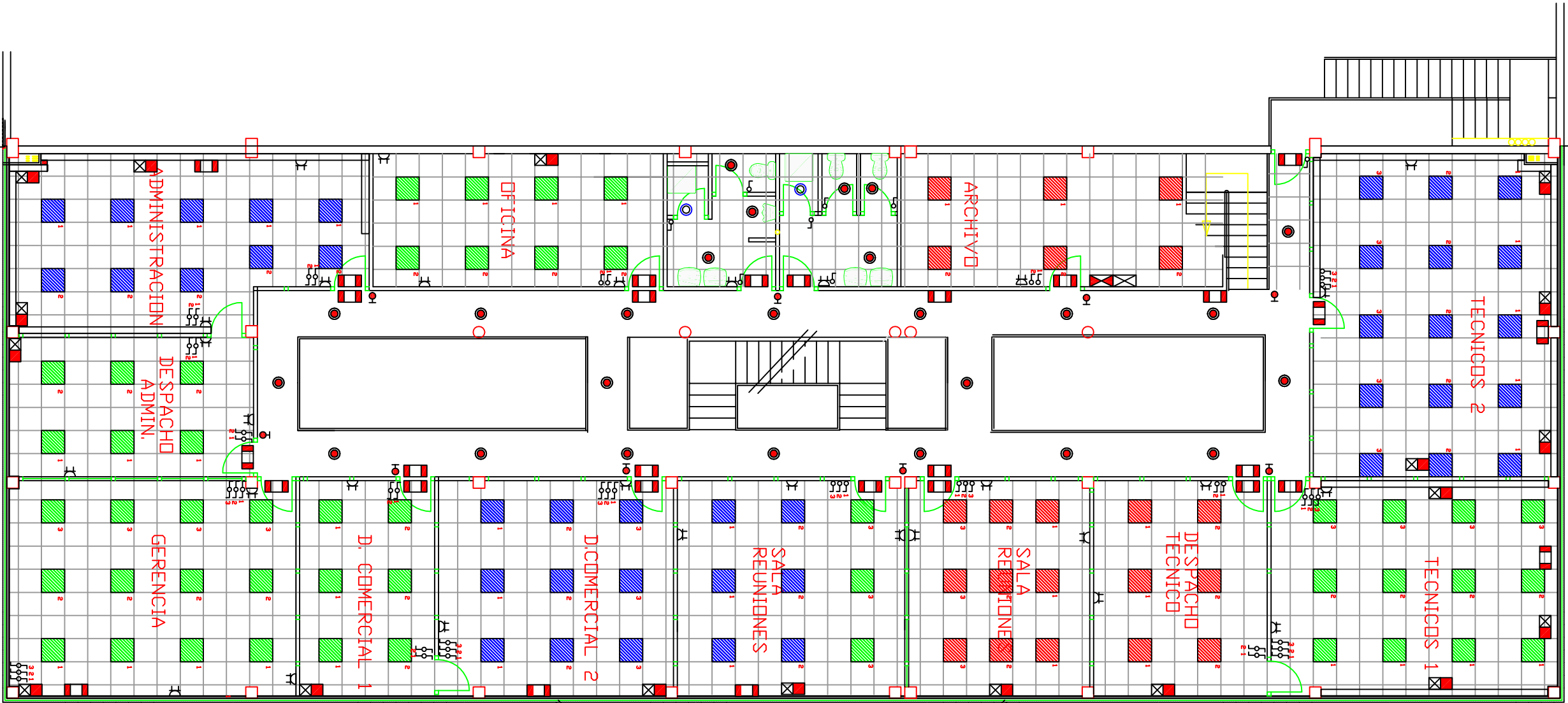
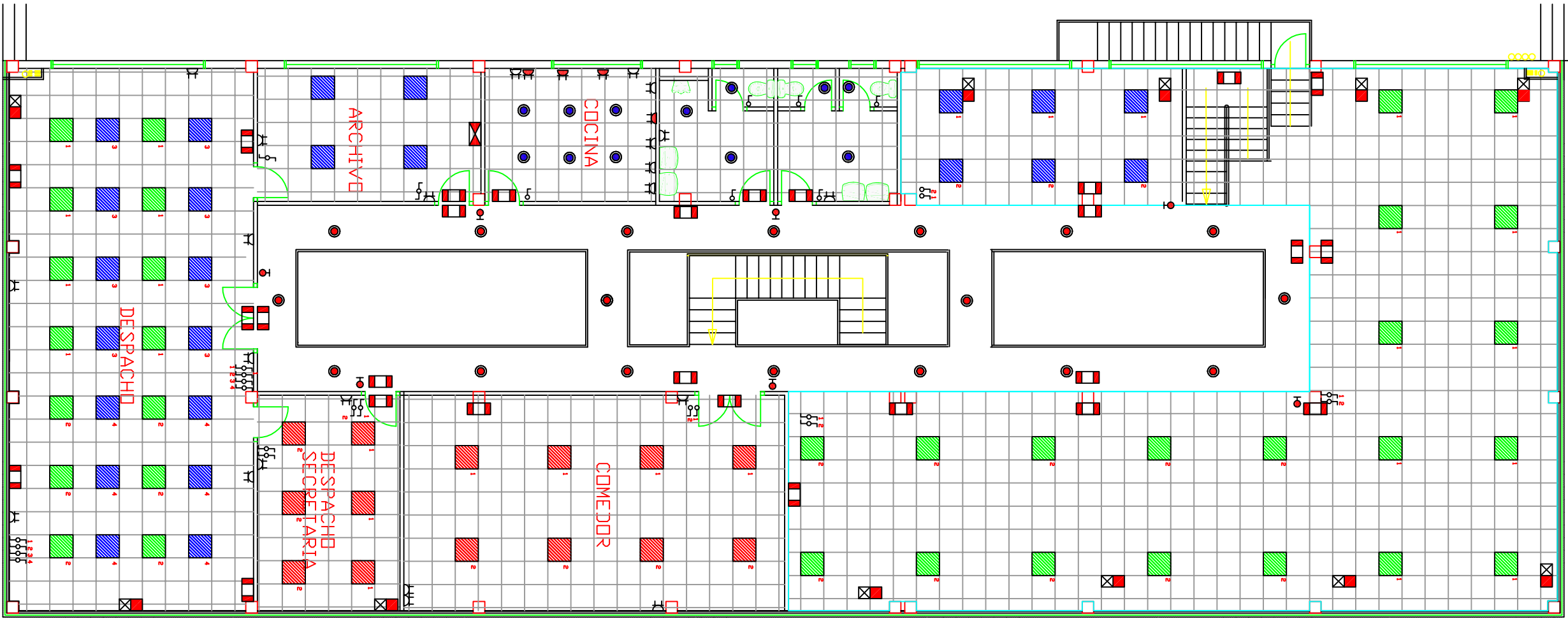




LEYENDA:

- LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO 400W
- APARATO AUTOMATICO DE EMERGENCIA 1500 Lm
- APARATO AUTOMATICO DE EMERGENCIA 150 Lm

<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO:</div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div><div>PROYECTO:</div><div>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</div></div>		<div><div>REALIZADO:</div><div>GOÑI EGUARAS ,DANIEL</div></div>		<div><div>FIRMA:</div><div></div></div>	
<div><div>PLANO:</div><div>ALUMBRADO Y ALUMBRADO DE EMERGENCIA NAVE</div></div>		<div><div>FECHA:</div><div>FEBRERO 2011</div></div>		<div><div>ESCALA:</div><div>1:300</div></div>	
				<div><div>Nº PLANO:</div><div>4</div></div>	



LEYENDA:

- LUMINARIA DE EMPOTRAR 4X18V

INTERRUPTOR DE EMPOTRAR


TOMA DE CORRIENTE DE EMPOTRAR
- DOWNLIGHTS 2xRL-C/2P26V

COMUTADOR DE EMPOTRAR

CONJUNTO MECANISMOS 4 T.C.+Voz+Datos
- DOWNLIGHTS 2xRL-C/2P26V estanco

PULSADOR DE EMPOTRAR

CUADRO ELECTRICIDAD
- APARATO AUTOMATO DE EMERGENCIA 158 Lm

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

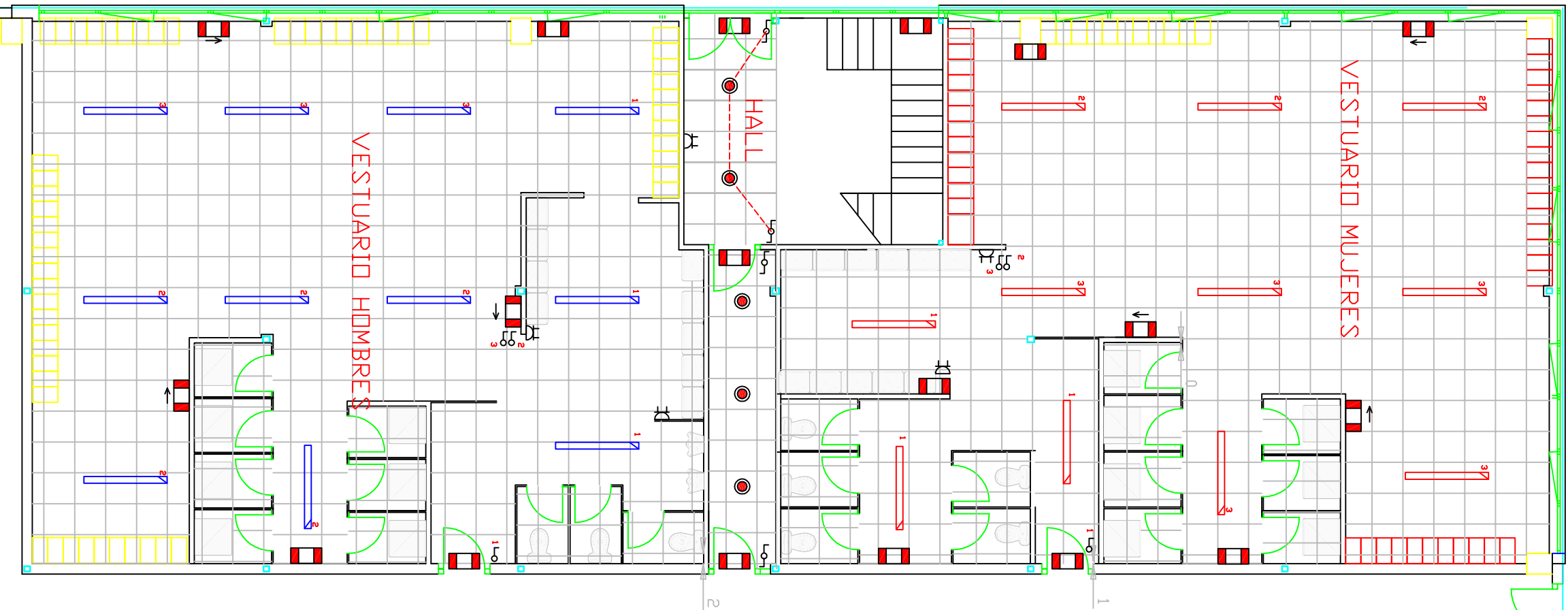
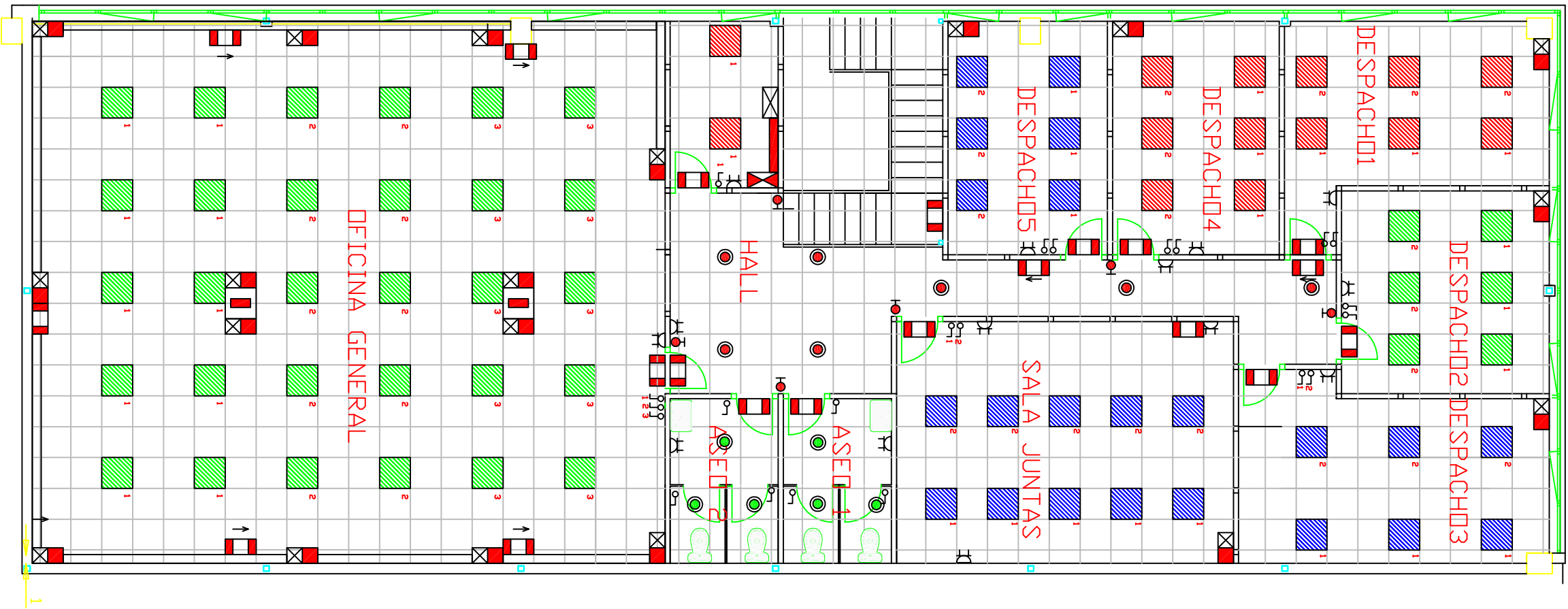
REALIZADO:

GOÑI EGURAS, DANIEL

FIRMA:


PLANO:  
ALUMBRADO, ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE OFICINAS NORTE

FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
FEBRERO 2011	1:125	5



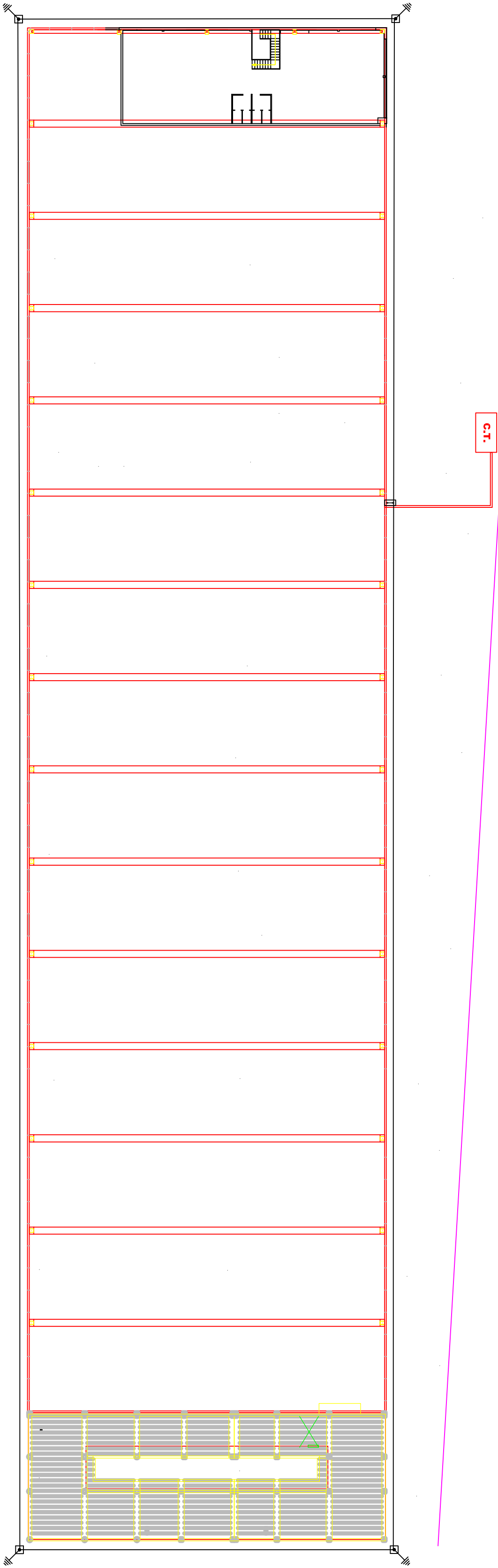
LEYENDA:

- LUMINARIA DE EMPOTRAR 4X18W
- DOWNLIGHTS 2xPL-C/2P26W
- LUMINARIA ESTANCA 2x58W
- APARATO AUTONOMO DE EMERGENCIA 158 Lm
- INTERRUPTOR DE EMPOTRAR
- COMUTADOR DE EMPOTRAR
- PULSADOR DE EMPOTRAR
- TOMA DE CORRIENTE DE EMPOTRAR
- CONJUNTO MECANISMOS 4 T.C.+Voz+Datos
- CUADRO ELECTRICIDAD

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		

PROYECTO:		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		GOÑI EGUARAS ,DANIEL	
PLANO:		FIRMA:	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE OFICINAS SUR		FECHA:	
		FEBRERO 2011	
		ESCALA:	
		1:100	
		Nº PLANO	
		6	





LEYENDA:



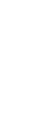
Pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro.



Arqueta de registro.



Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.




Conductor de cobre desnudo de 50mm².

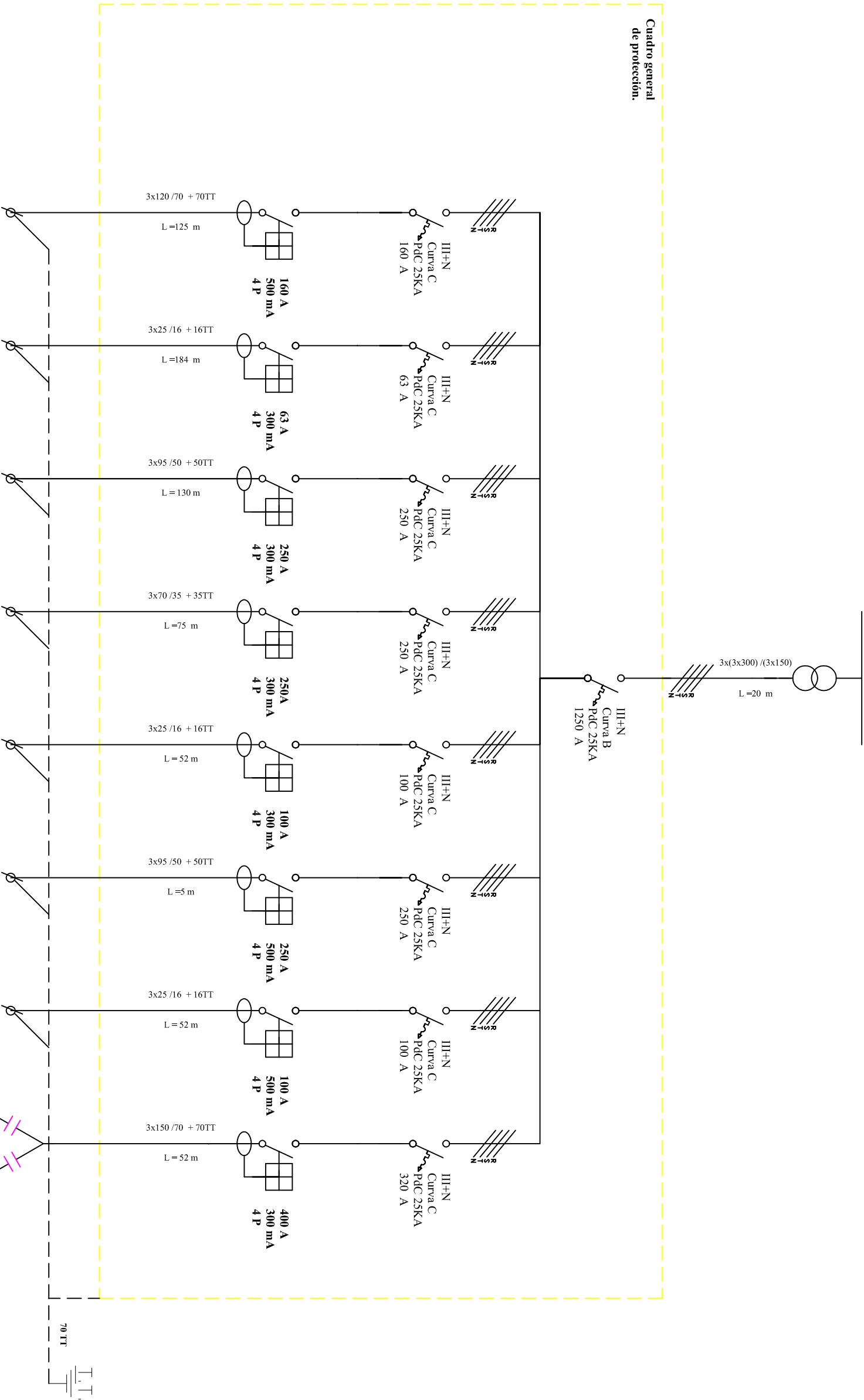
NOTA:

El mallazo metálico de la cimentación irá unido al conductor de tierra mediante soldadura aluminotérmica.

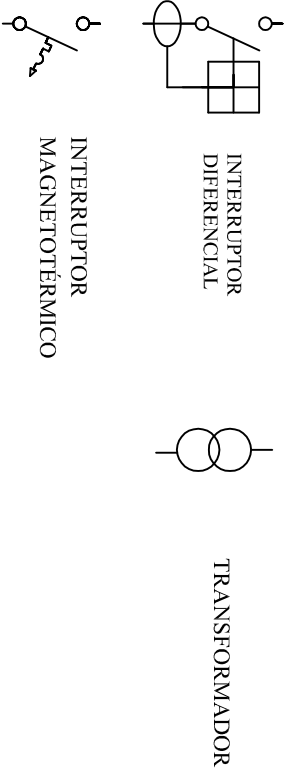
El anillo de tierra estará enterrado a 0,8 m de profundidad, se unirá al cuadro general de distribución a través de una caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.


Se dispondrá de una arqueta de registro en cada pica para verificar el correcto estado de las mismas.

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: GOÑI EGUARAS, DANIEL		FIRMA:	
PLANO: PUESTA A TIERRA NAVE		FECHA: FEBRERO 2011		ESCALA: 1:400	
				Nº PLANO: 7	

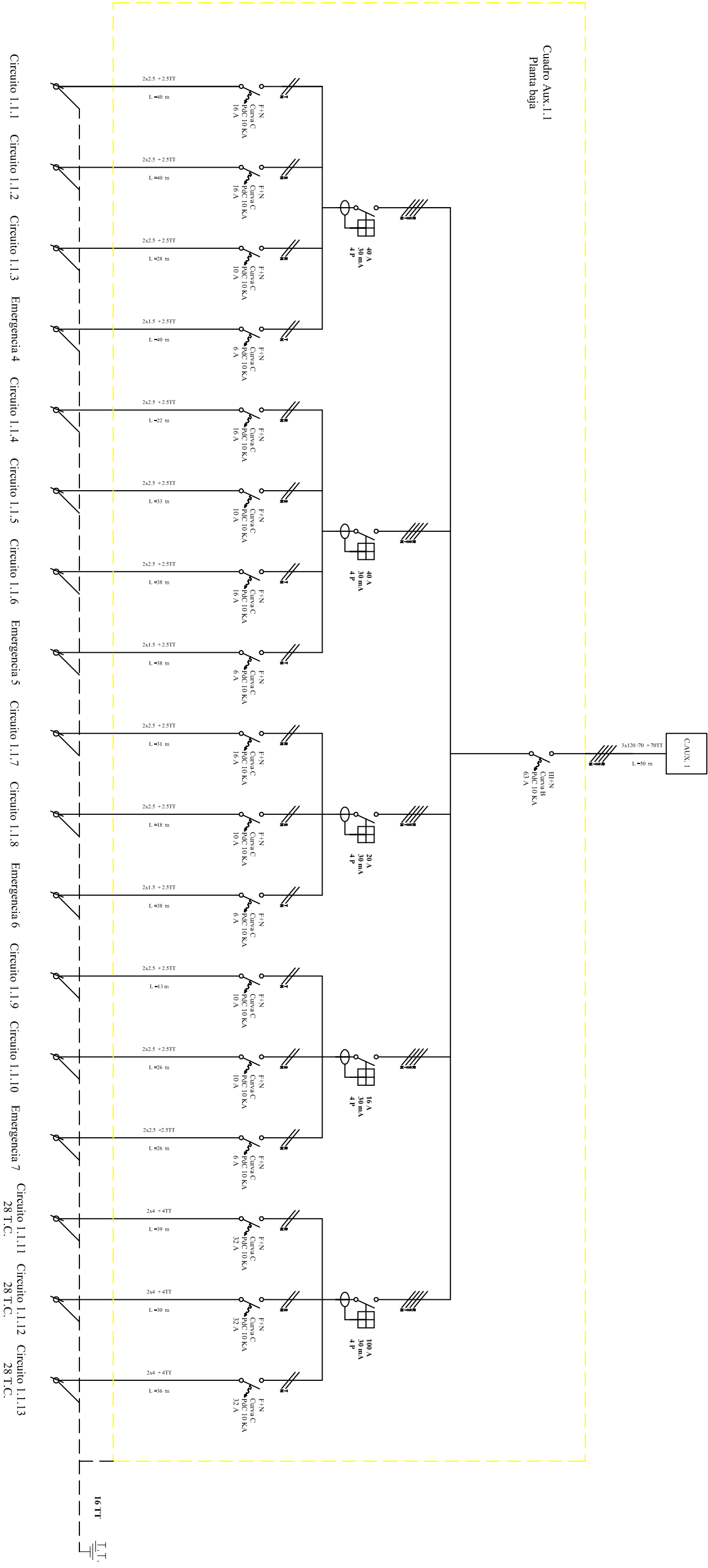


**Leyenda:**

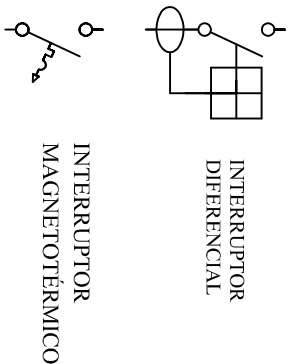



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>	
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
<b>PROYECTO:</b>				<b>REALIZADO:</b>	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				<b>GOÑI EGURAS, DANIEL</b>	
<b>PLANO:</b>				<b>FIRMA:</b>	
<b>CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN</b>				<b>FECHA:</b>	
				<b>FEBRERO 2011</b>	
				<b>ESCALA:</b>	
				<b>S/E</b>	
				<b>Nº PLANO:</b>	
				<b>8</b>	

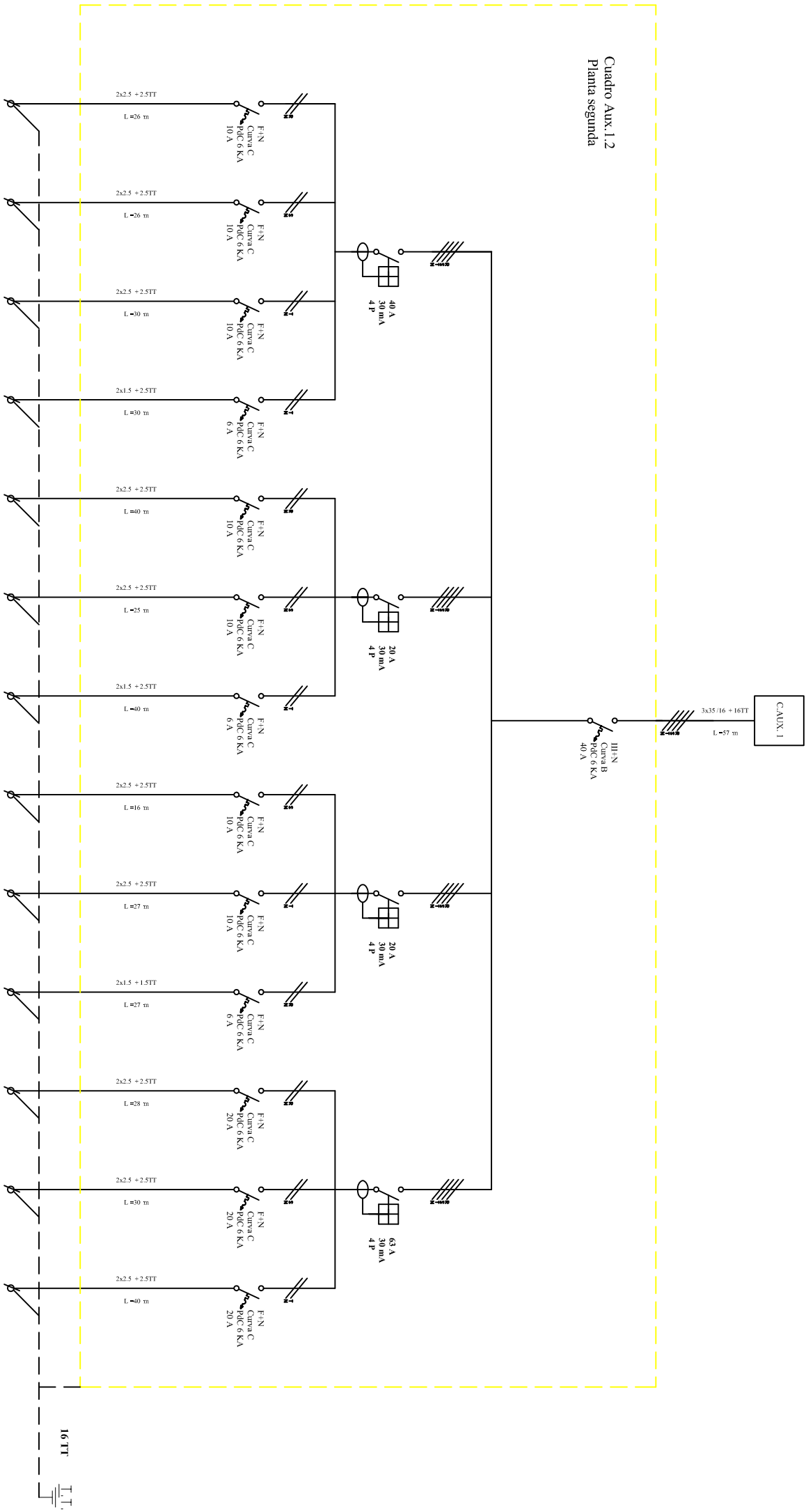




Leyenda:



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>	
<b>PROYECTO:</b>		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		<b>FIRMA:</b>		<b>GOÑI EGUARAS, DANIEL</b>	
<b>PLANO:</b>		<b>FECHA:</b>		<b>ESCALA:</b>	
<b>CUADRO AUXILIAR 1.1</b>		FEBRERO 2011		S/E	
				<b>Nº PLANO:</b>	
				10	

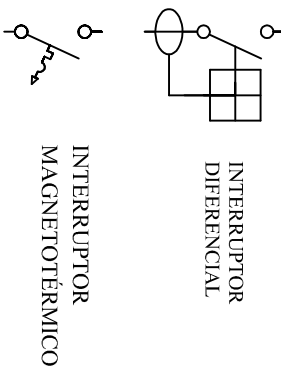



Circuito 1.2.1    Circuito 1.2.2    Circuito 1.2.3    Emergencia 8    Circuito 1.2.4    Circuito 1.2.5    Emergencia 9    Circuito 1.2.6    Circuito 1.2.7    Emergencia 10    Circuito 1.2.8    Circuito 1.2.9    Circuito 1.2.10

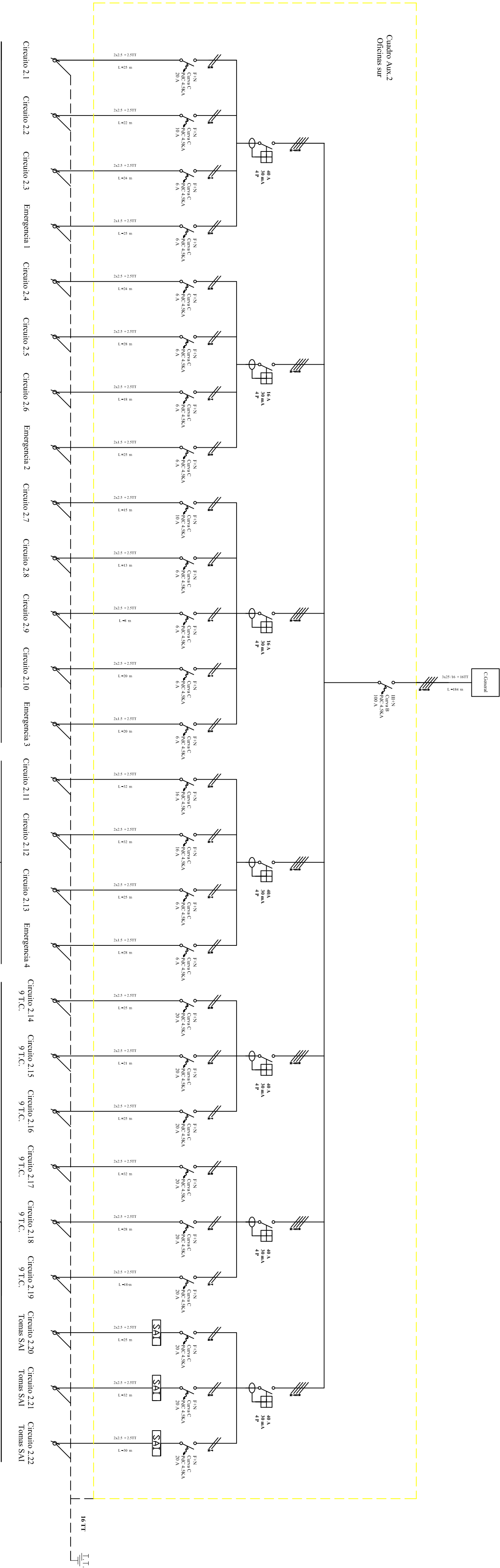
Alumbrado

Tomos de corriente

**Leyenda:**



		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>	
Universidad Pública de Navarra		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa					
<b>PROYECTO:</b>				<b>REALIZADO:</b>	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				GOÑI EGURAS, DANIEL	
<b>PLANO:</b>				<b>FIRMA:</b>	
CUADRO AUXILIAR 1.2					
<b>FECHA:</b>		<b>ESCALA:</b>		<b>Nº PLANO:</b>	
FEBRERO 2011		S/E		11	

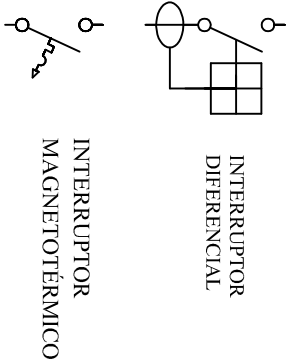



Alumbrado  
planta primera

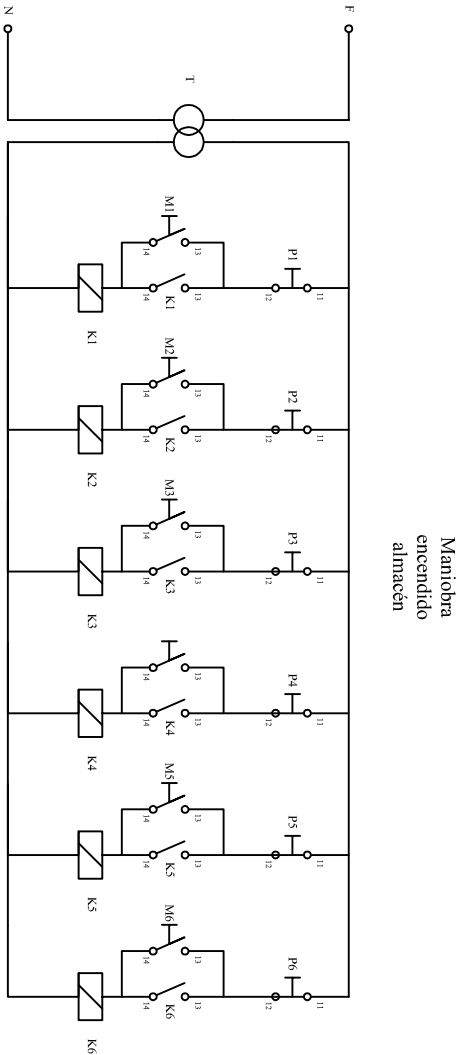
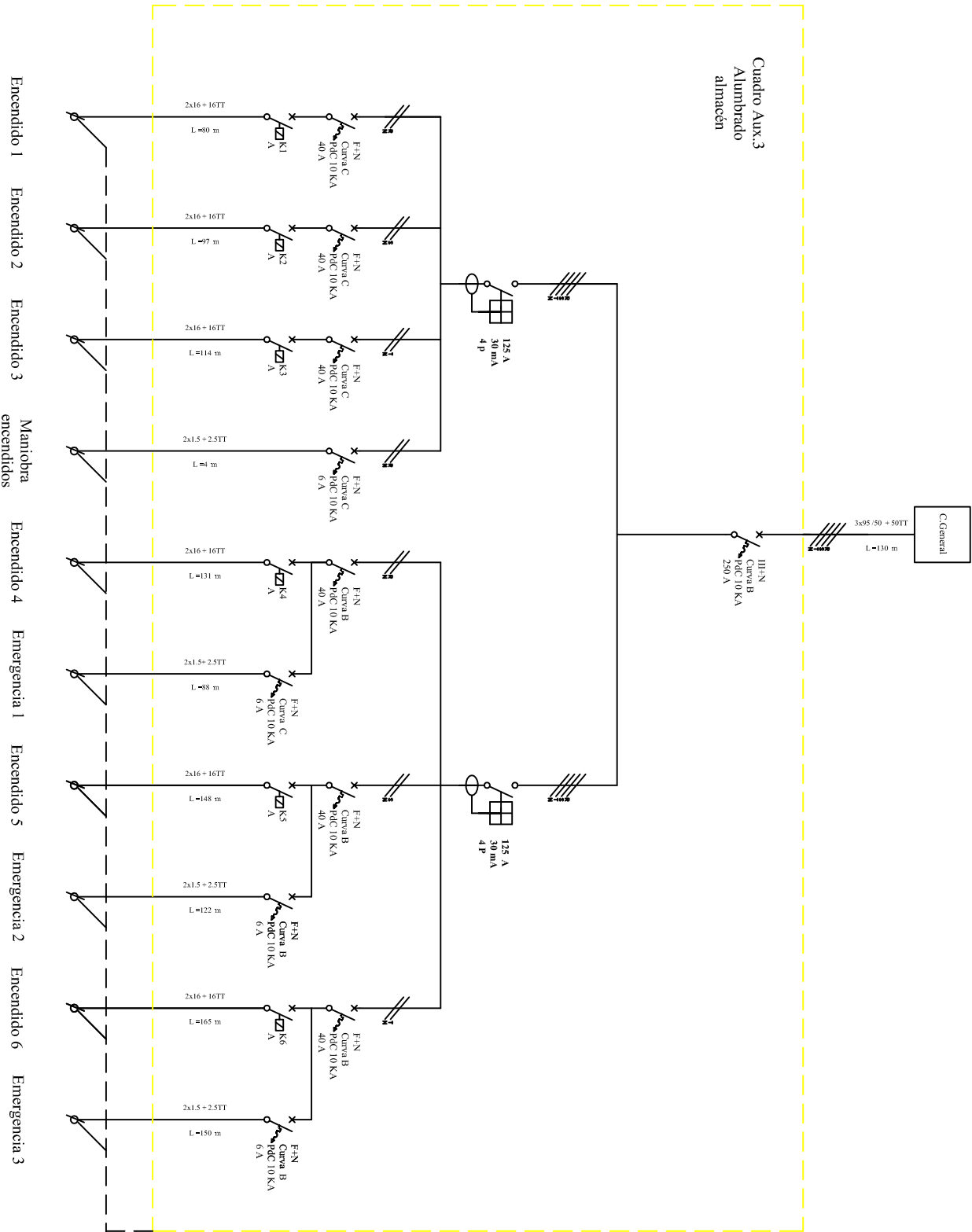
Alumbrado  
planta baja

Tomas de  
corriente planta  
baja y primera

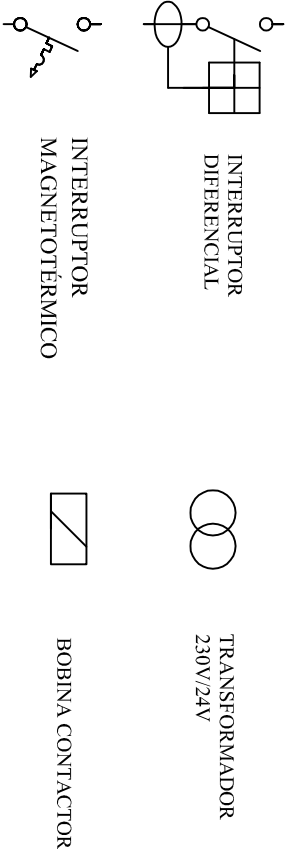
Legenda:



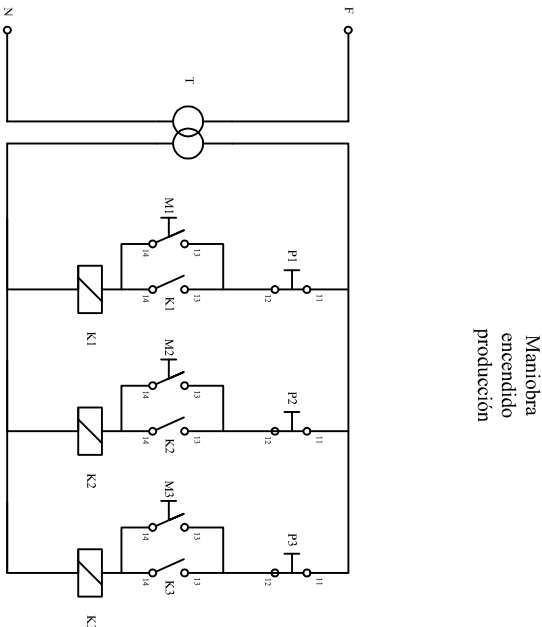
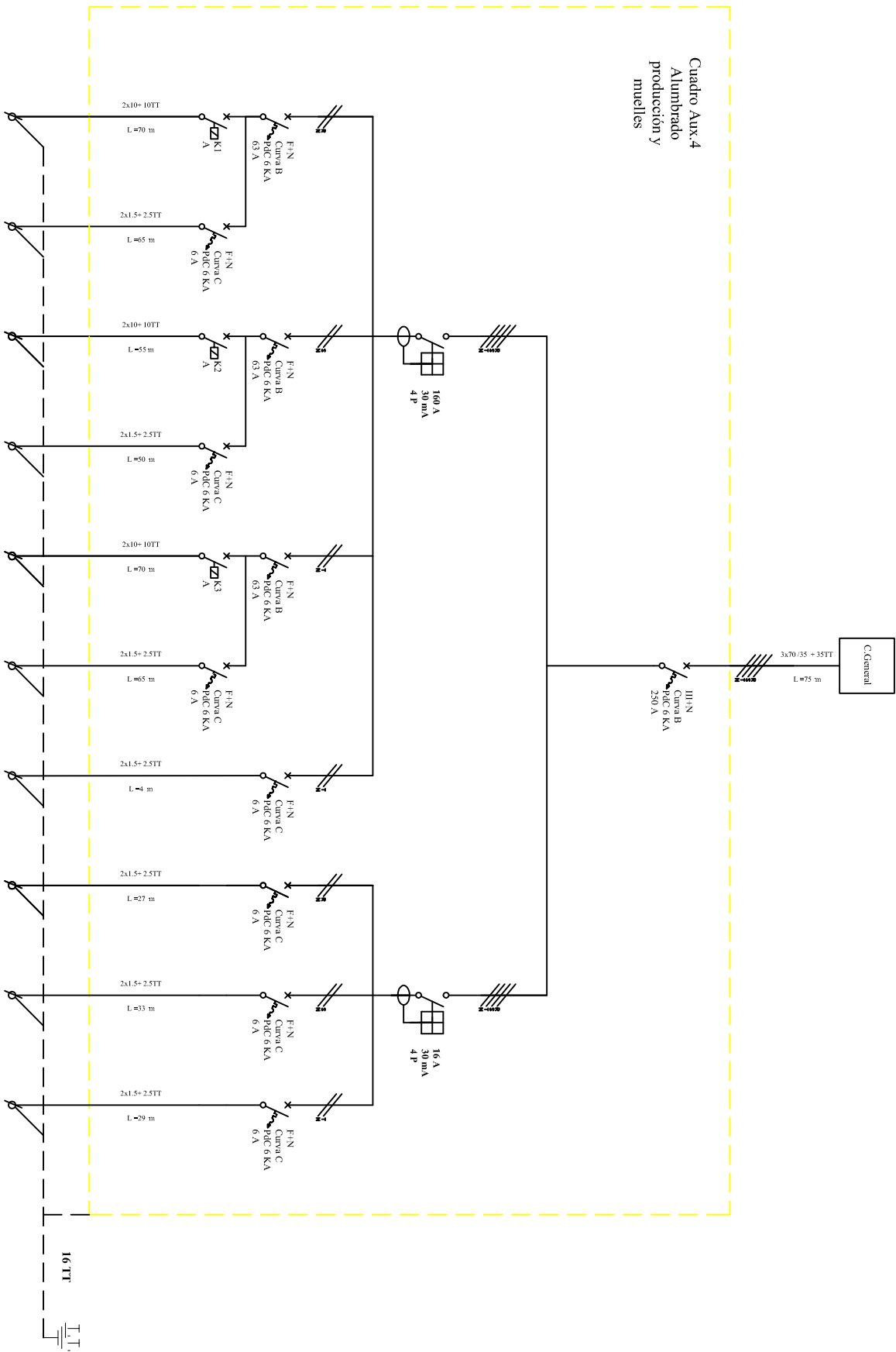
		Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN						GOÑI EGUARAS, DANIEL	
PLANO:						FIRMA:	
CUADRO AUXILIAR 2						FECHA:	
						FEBRERO 2011	
						ESCALA:	
						S/E	
						Nº PLANO	
						12	



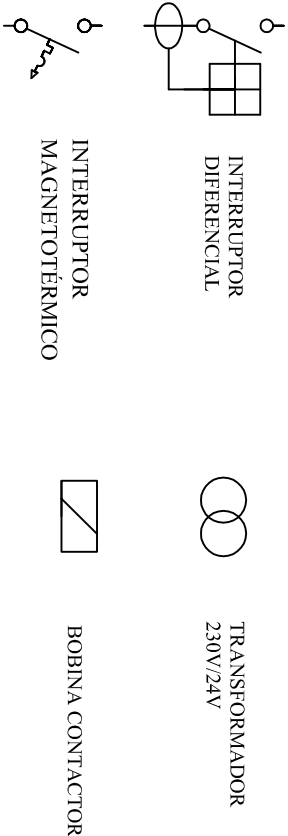
**Leyenda:**



<div><div><div><div><div><div><span></span></div><div>Universidad Pública de Navarra</div></div><div><div><div><span></span></div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div></div></div></div>		<div><div><div><div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div></div></div><div><div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div></div></div></div>		<div><div><div><div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div></div></div></div>	
<div><div><div>PROYECTO:</div><div>INDUSTRIAL ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</div></div></div>		<div><div><div>REALIZADO:</div><div>GOÑI EGURAS, DANIEL</div></div></div>		<div><div><div>FIRMA:</div><div></div></div></div>	
<div><div><div>PLANO:</div><div>CUADRO AUXILIAR 3</div></div></div>		<div><div><div>FECHA:</div><div>FEBRERO 2011</div></div></div>		<div><div><div>ESCALA:</div><div>S/E</div></div></div>	
				<div><div><div>Nº PLANO:</div><div>13</div></div></div>	

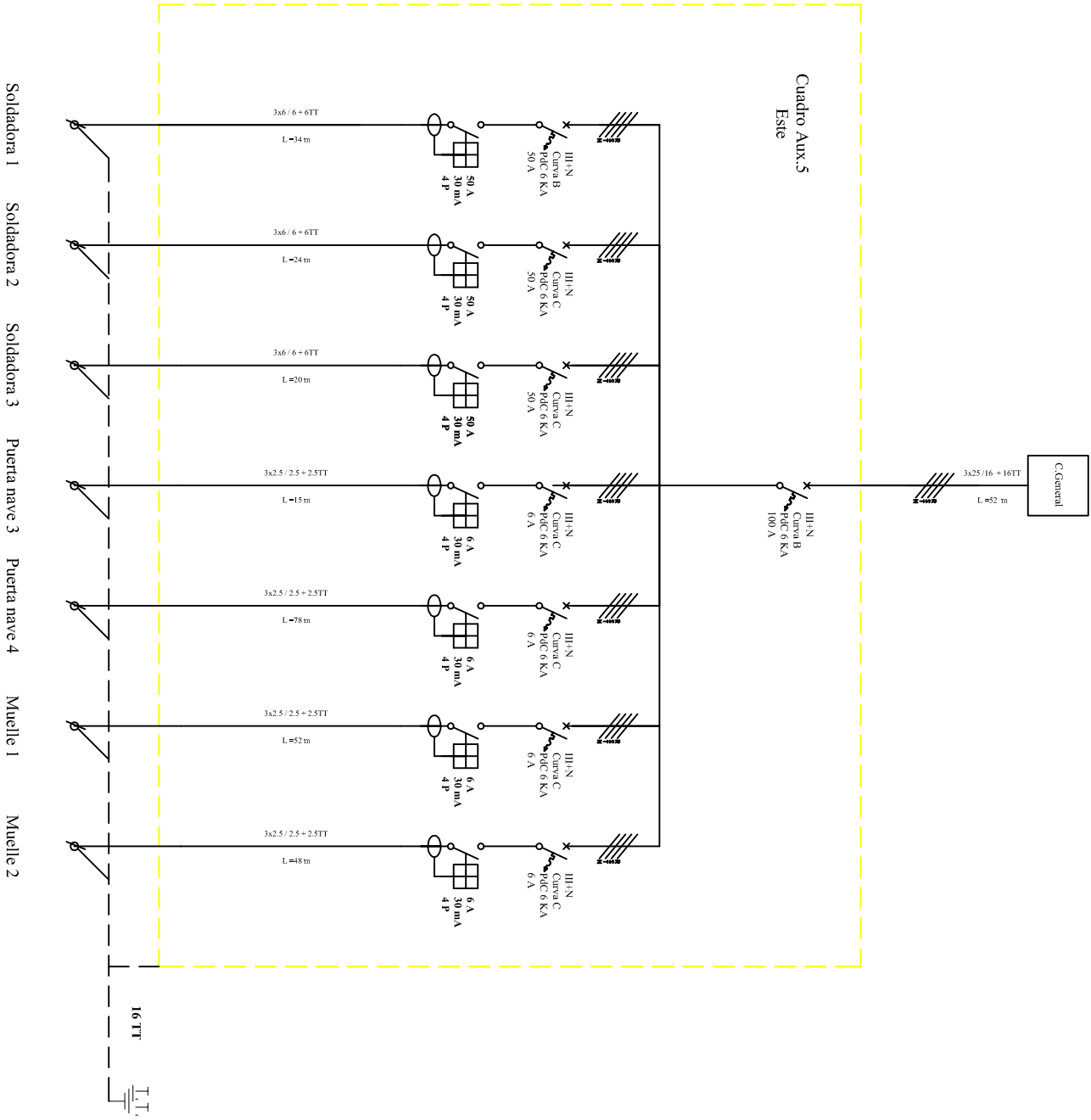


Legenda:

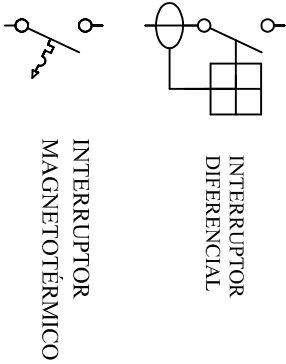


Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		GOÑI EGUARAS, DANIEL	
PROYECTO:		REALIZADO:		FIRMA:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FECHA:		ESCALA:	
PLANO:		FEBRERO 2011		S/E	
CUADRO AUXILIAR 4		Nº PLANO:		14	



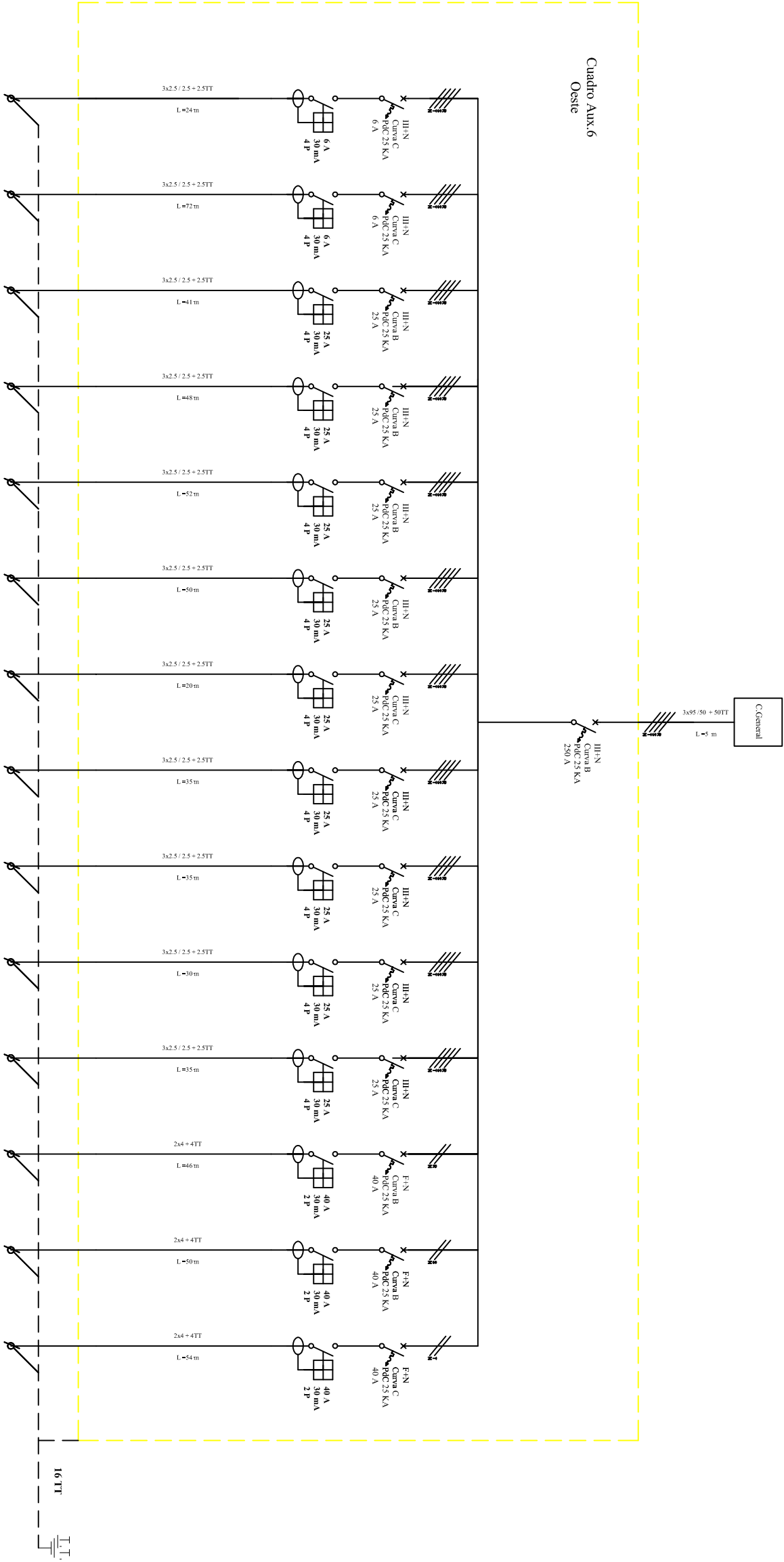


**Leyenda:**

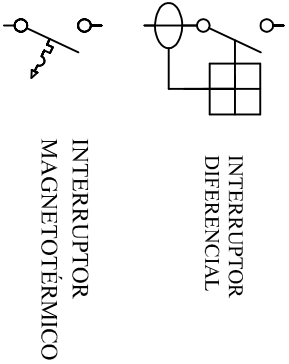



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				GOÑI EGUARAS, DANIEL	
PLANO:		FECHA:		FIRMA:	
CUADRO AUXILIAR 5		FEBRERO 2011		ESCALA:	
		S/E		Nº PLANO:	
				15	

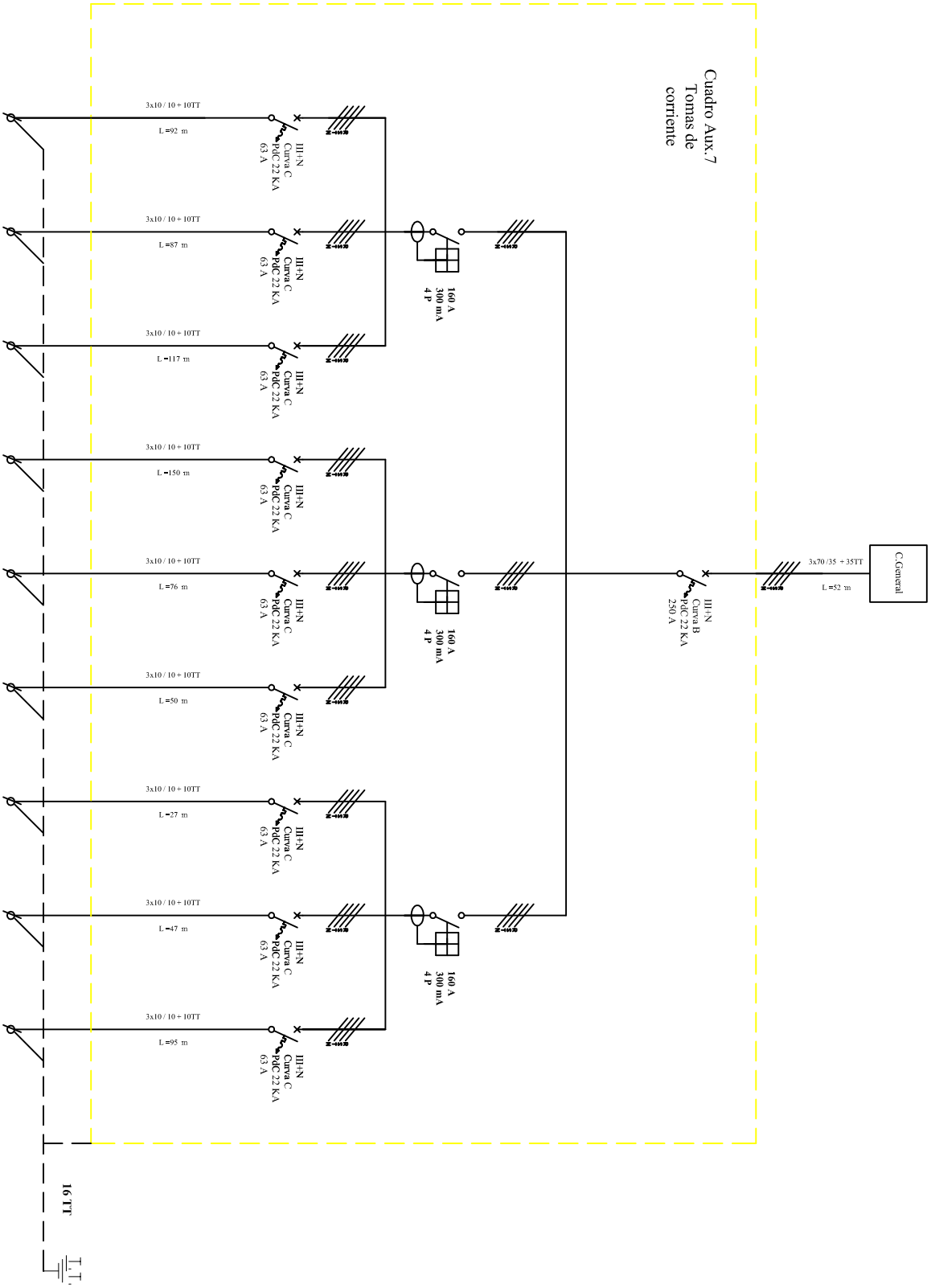
Puerta nave 1    Puerta nave 2    Enmarcadora 1    Enmarcadora 2    Colocadora 1    Colocadora 2    Banda transportadora    Compresor    Laminadora 1    Laminadora 2    Laminadora 3    Simuladora 1    Simuladora 2    Simuladora 3



Legenda:

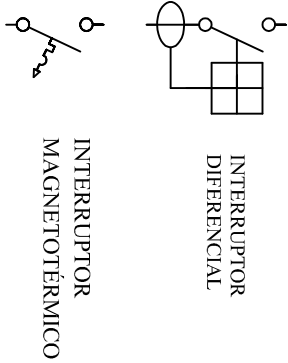


		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>	
de Navarra		INGENIERO TECNICO		DEPARTAMENTO DE	
Nafarroako		INDUSTRIAL E.		PROYECTOS E ING. RURAL	
Unibertsitate Publikoa				<b>REALIZADO:</b>	
<b>PROYECTO:</b>				GOÑI EGURAS, DANIEL	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				<b>FIRMA:</b>	
<b>PLANO:</b>				<b>FECHA:</b>	
CUADRO AUXILIAR 6				FEBRERO 2011	
				<b>ESCALA:</b>	
				S/E	
				<b>Nº PLANO:</b>	
				16	

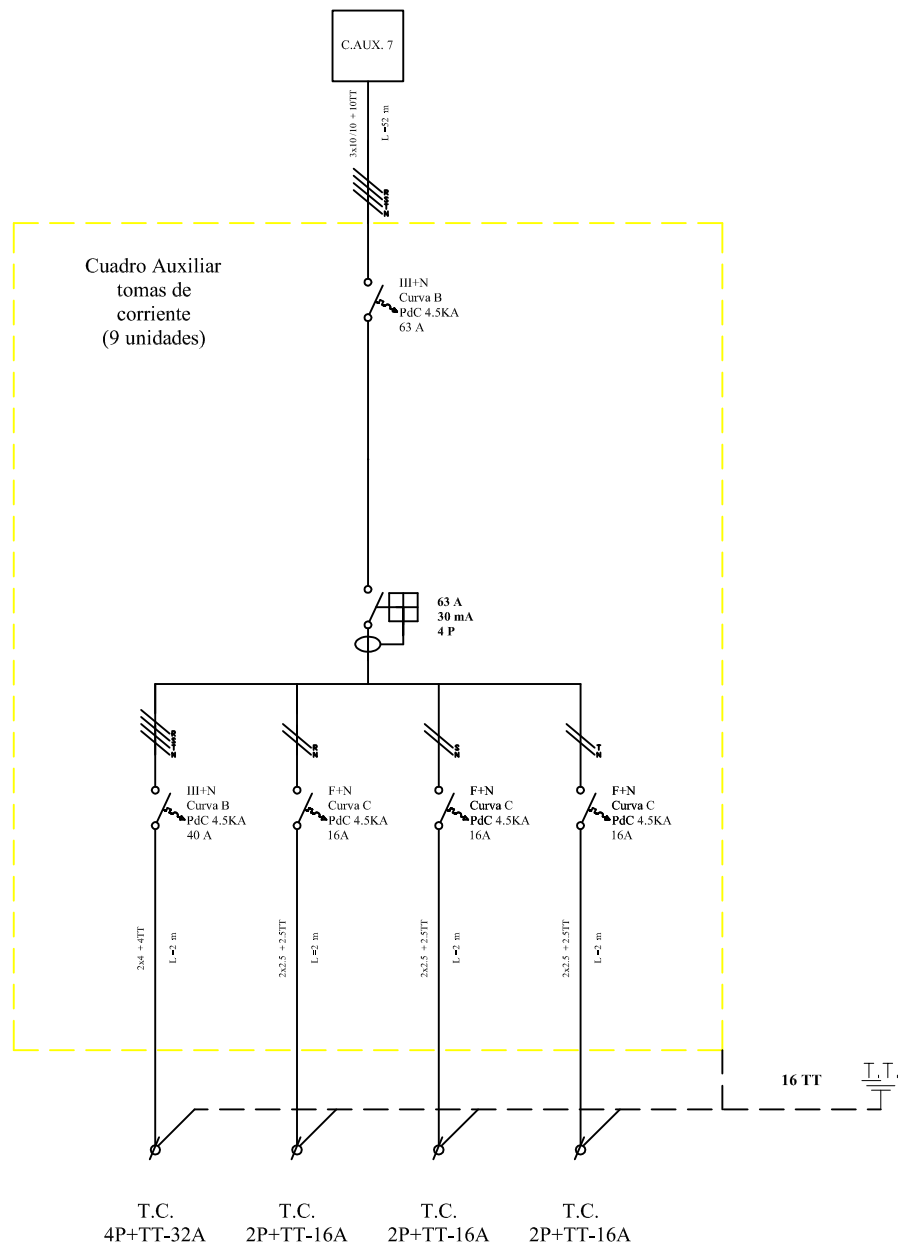


A cuadro T.C. 1 A cuadro T.C. 2 A cuadro T.C. 3 A cuadro T.C. 4 A cuadro T.C. 5 A cuadro T.C. 6 A cuadro T.C. 7 A cuadro T.C. 8 A cuadro T.C. 9

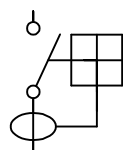
Leyenda:



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				GOÑI EGUARAS, DANIEL	
PLANO:		FECHA:		FIRMA:	
CUADRO AUXILIAR 7		FEBRERO 2011		ESCALA:	
		S/E		Nº PLANO:	
				17	



**Leyenda:**



INTERRUPTOR  
DIFERENCIAL



INTERRUPTOR  
MAGNETOTÉRMICO



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TECNICO  
INDUSTRIAL E.**

**DEPARTAMENTO:**

**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

**PROYECTO:**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

**REALIZADO:**

**GOÑI EGUARAS, DANIEL**

**FIRMA:**

**PLANO:**

**CUADROS T.C. NAVE**

**FECHA:**

**FEBRERO  
2011**

**ESCALA:**

**S/E**

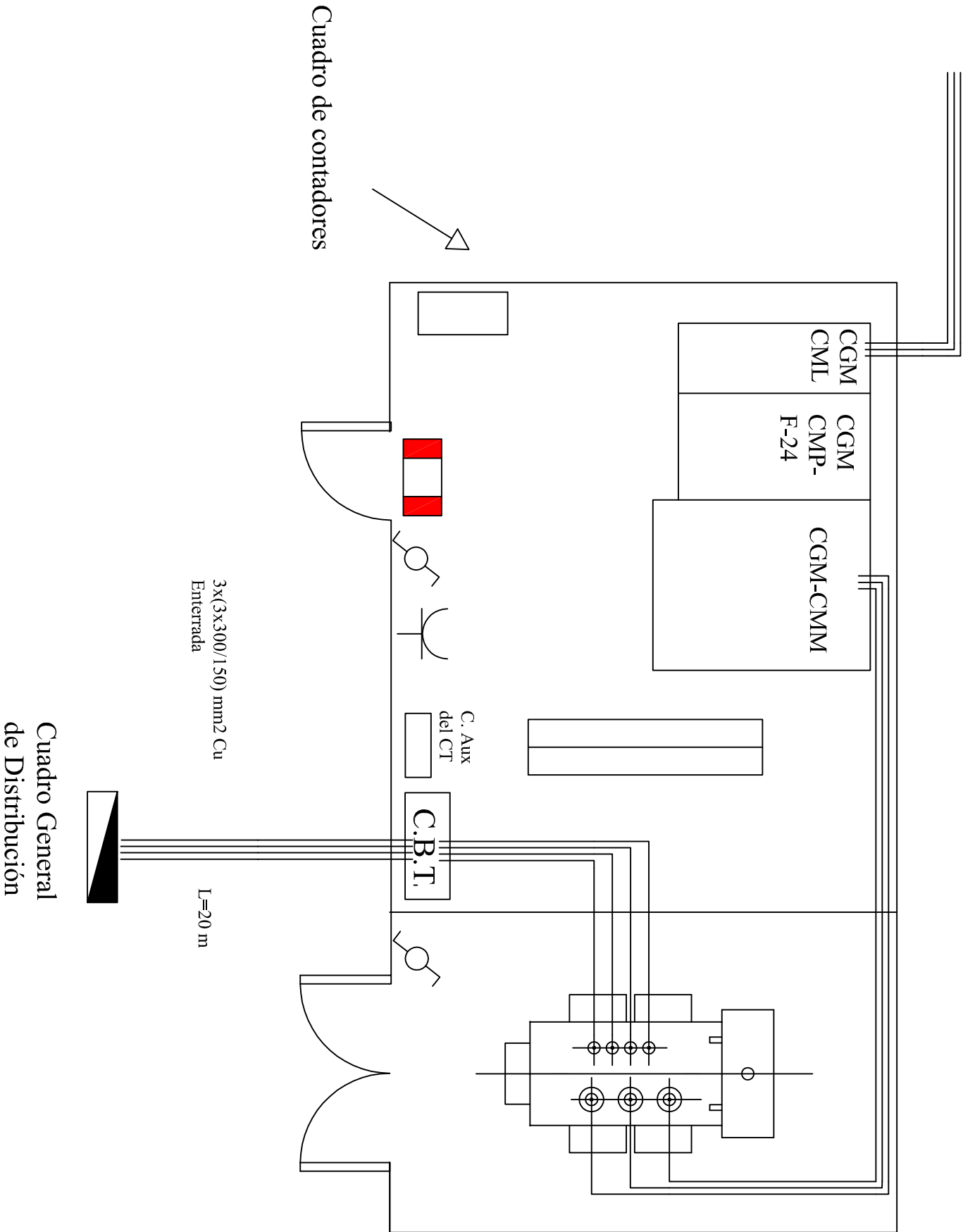
**Nº PLANO:**

**18**


Línea de Media tensión 13,2KV;  
IBERDROLA  
Subterránea

# Centro de Transformación de Superficie

Dimensiones Planta: 4,46 x 2,38 m.

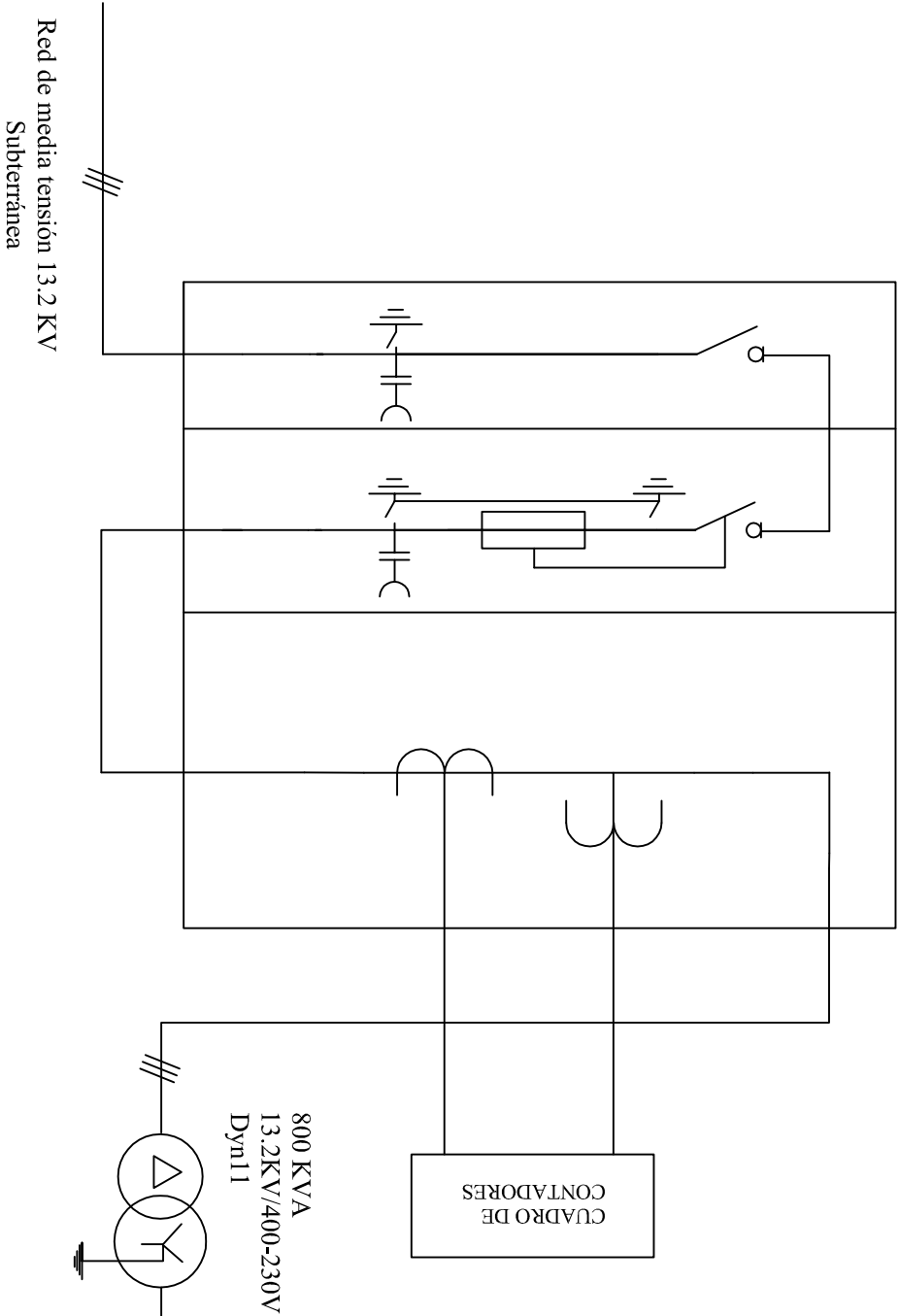


CGM-CML: Celda de línea CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible CGM-CML: Celda de línea	Toma monofásica
	Toma monofásica
	Luminaria Philips TBS 330 315 1xTL5-35W/840 HFP ODDPI
	Interruptor comutado
	Alumbrado de emergencia
	Cuadro general de distribución

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>	
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
<b>PROYECTO:</b>				<b>REALIZADO:</b>	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				<b>GOÑI EGUARAS ,DANIEL</b>	
<b>PLANO:</b>				<b>FIRMA:</b>	
<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				<b>FECHA:</b>	<b>ESCALA:</b>
				<b>FEBRERO 2011</b>	<b>1:25</b>
				<b>Nº PLANO:</b>	
				<b>19</b>	

Celda de líneaCelda de protecciónCelda de medida

CGM-CMLCGM-CMP-F-24CGM-CMM

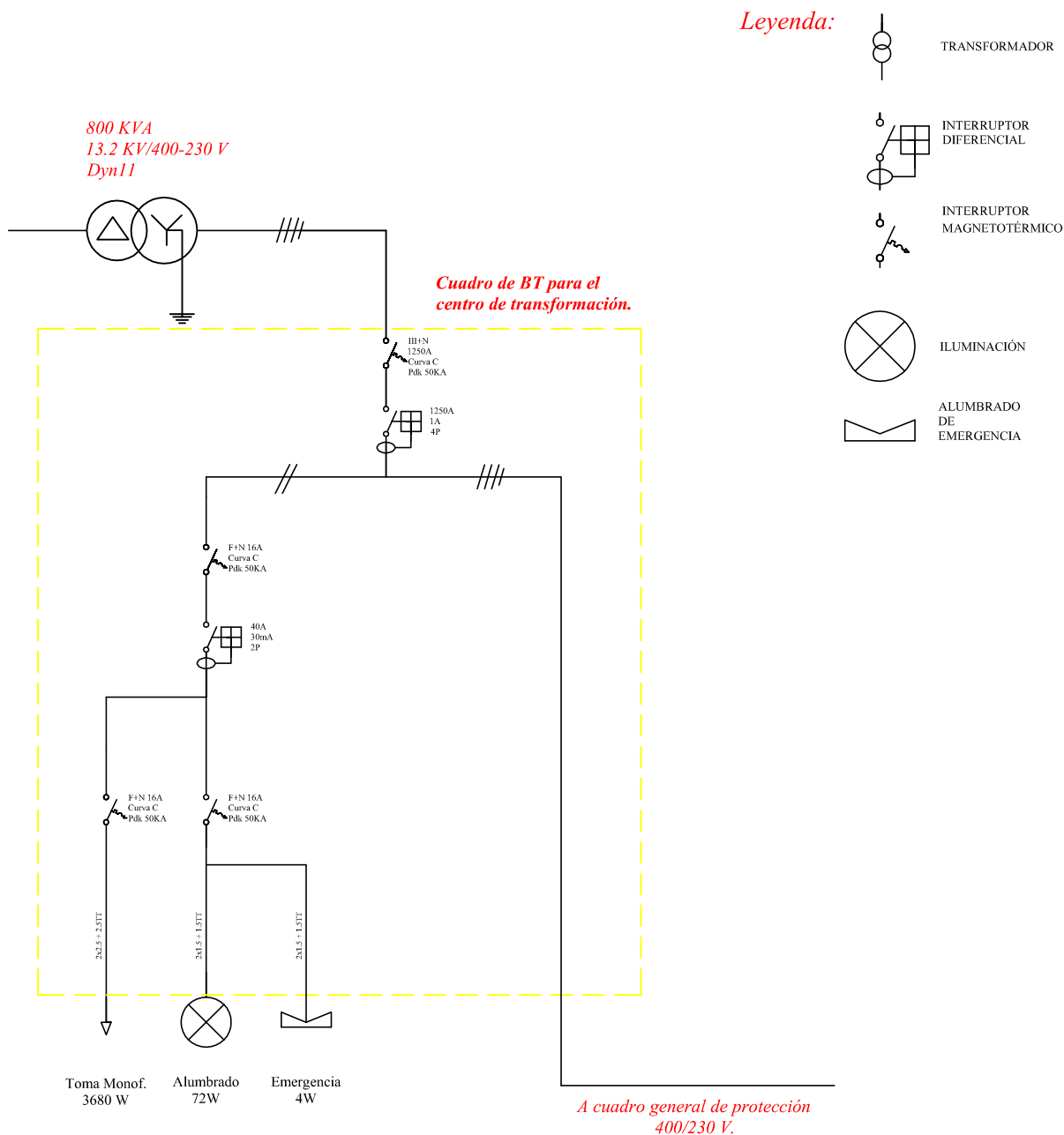


Características principales de las celdas

CGM-CML: Celda de línea	Un=24KV, In=400A Interruptor-seccionador rotativo. Intensidad de cortocircuito: 16KA-20KA Capacidad de cierre: 40KA
CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible	Un=24KV, In=400A Interruptor-seccionador rotativo. Intensidad de cortocircuito: 16KA-20KA Capacidad de cierre: 40KA Fusibles: 3x63A
CGM-CMM: Celda de medida	Un=24KV, In=400A 3 Transformadores de intensidad de relacion 30-60/5A. Clase 05 Aislamiento 24KV. 3 Transformadores de tension de relacion 13200-22000/110 Clase 05 Aislamiento 24KV.

	Seccionador de puesta a tierra
	Interruptor seccionador
	Indicador de presencia de tensión
	Interruptor automático de corte con fusible
	Transformador de tensión
	Transformador de intensidad
	Transformador Dyn11

		<b>E.T.S.I.I.T.</b>	
de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
<b>PROYECTO:</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		<b>REALIZADO:</b>	
<b>PLANO:</b>		<b>GOÑI EGURAS, DANIEL</b>	
<b>UNIFILAR CELDAS C.T.</b>		<b>FECHA:</b>	<b>ESCALA:</b>
		FEBRERO 2011	S/E
		<b>Nº PLANO:</b> 20	

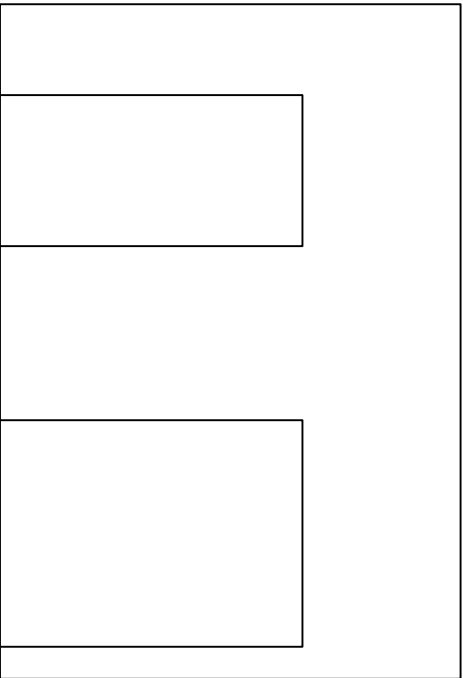


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:			REALIZADO:		
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			GOÑI EGUARAS, DANIEL		
PLANO:			FIRMA:		
UNIFILAR CUADRO B.T. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			FEBRERO 2011	S/E	21

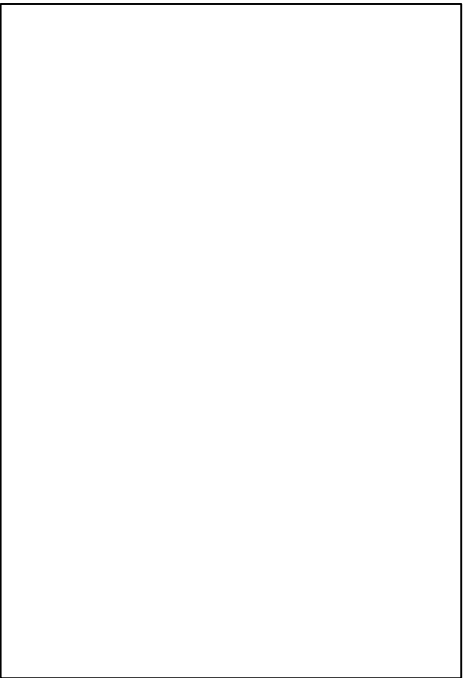
# CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Dimensiones Planta: 4,46 x 2,38 x 3,045 m

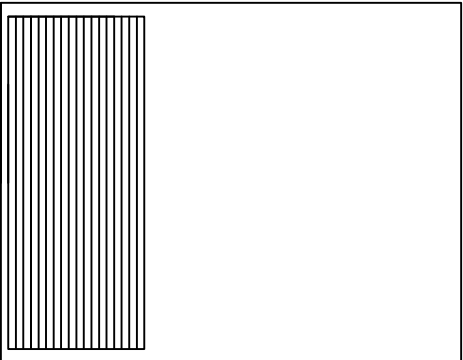
Fachada delantera



Fachada trasera

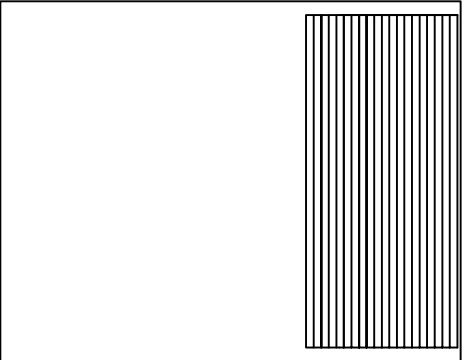


Fachada lateral izquierda



Rejilla de entrada  
(2,2 x 0,9 m)

Fachada lateral derecha




Rejilla de salida  
(2,2 x 1 m)

NOTA:

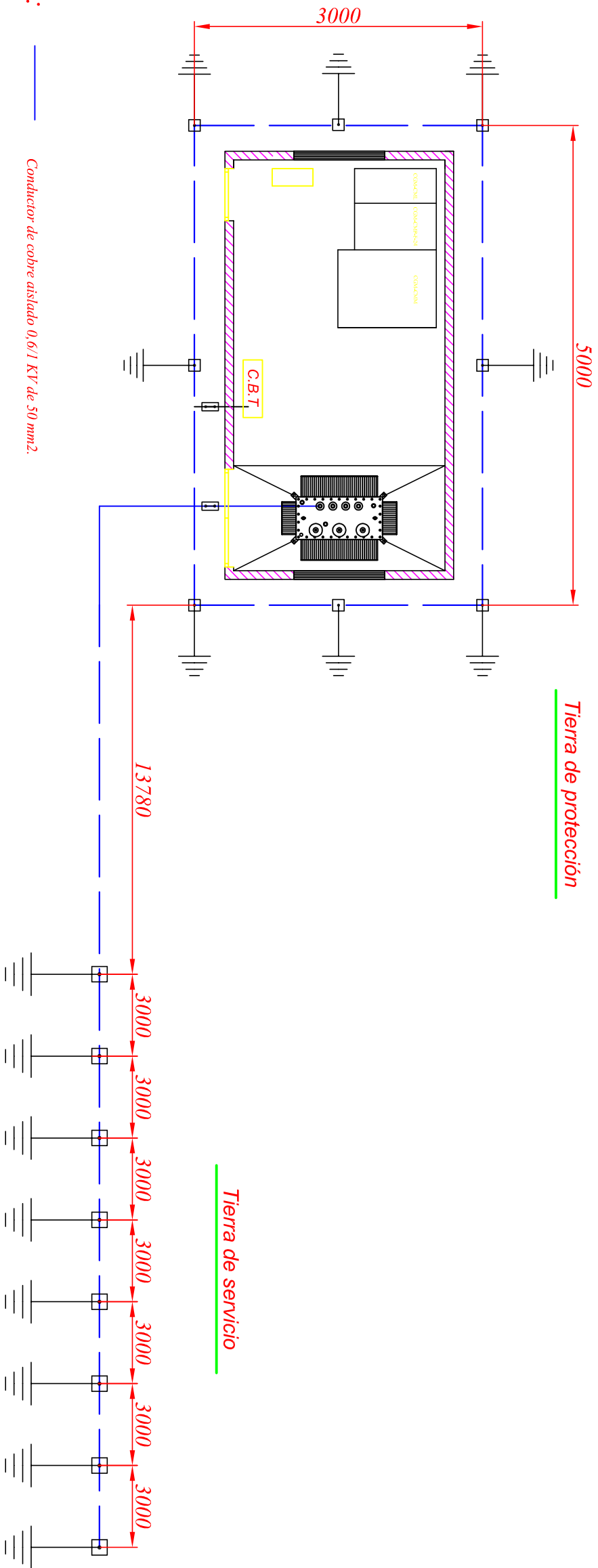
La ventilación será de tipo natural con las rejillas de entrada y de salida enfrentadas.

La diferencia de altura entre la de entrada y la de salida es de 2m (respecto al centro de cada rejilla).

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b>  <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>			
<b>PROYECTO:</b>		<b>REALIZADO:</b>			
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		<b>GOÑI EGUARAS ,DANIEL</b>			
<b>PLANO:</b>	<b>FIRMA:</b>		<b>FECHA:</b>	<b>ESCALA:</b>	<b>Nº PLANO:</b>
<b>REJILLAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>			<b>FEBRERO 2011</b>	<b>1:50</b>	<b>22</b>



Planta




Legenda:

- Conductor de cobre aislado 0,6/1 KV de 50 mm2.
- Conductor de cobre desnudo de 50 mm2.
- Pica de cobre de 14 mm de diametro.
- Argueta de registro.
- Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.

Nota:

-Tierra de protección: Código UNESA 50-30/8/8-4. Las picas tendrán un diametro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm2.

-Tierra de servicio: Código UNESA 8/8-2. Las picas tendrán un diametro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Se situarán en hilera distanciadas entre si 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm2.

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNANAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: GOÑI EGUARAS, DANIEL
PLANO: TIERRAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FECHA: FEBRERO 2011	Nº PLANO 23
	ESCALA: 1:50	



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## **4. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **ÍNDICE**

4.1 OBJETO.....	3
4.2 CONDICIONES GENERALES: .....	3
4.2.1 NORMAS GENERALES:.....	3
4.2.2 AMBITO DE APLICACIÓN:.....	3
4.2.3 CONFORMIDAD Y VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES: .....	3
4.2.4 RESCISIÓN DEL CONTRATO:.....	4
4.2.5 CONDICIONES GENERALES:.....	4
4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:.....	4
4.3.1 DATOS DE LA OBRA: .....	4
4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE:.....	5
4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO:.....	5
4.3.4 PERSONAL: .....	5
4.3.5 ABONO DE LA OBRA: .....	6
4.4 CONDICIONES PARTICULARES: .....	6
4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES: .....	6
4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO.....	6
4.4.3 PROTOTIPOS:.....	7
4.5 NORMATIVA GENERAL: .....	7
4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN:.....	8
4.6.1 OBJETIVO: .....	8
4.6.2 CONDICIONES GENERALES:.....	8
4.6.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO: .....	8
4.6.4 TRAZADO DE ZANJAS:.....	8
4.6.5 TENDIDO DE CONDUCTORES: .....	8
4.6.6 IDENTIFICACIÓN DEL CONDUCTOR: .....	10
4.6.7 CIERRE DE ZANJAS:.....	10
4.7 RECEPTORES: .....	10
4.7.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN: .....	10
4.7.2. RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN:.....	10
4.7.3. CONEXIONES DE RECEPTORES:.....	11
4.7.4. RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN.....	11
4.7.5 MATERIALES AUXILIARES:.....	12
4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES: .....	12



4.8.1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES: .....	12
4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES: .....	12
4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS: .....	12
4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN: .....	13
4.8.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN: .....	13
4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS: .....	13
4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS: .....	13
4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS: .....	14
4.9.3. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO: .....	15
4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES .....	15
4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA: .....	15
4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN: .....	16
4.10.3. LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES: .....	16
4.10.4. FUENTES PROPIAS DE ENERGIA: .....	16
4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS: .....	16
4.11 LOCAL: .....	17
4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL: .....	17
4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA: .....	18
4.13 PUESTA A TIERRA .....	18
4.13.1 GENERALIDADES: .....	18
4.13.2 ENSAYOS: .....	19



## **4.1 OBJETO**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, toma tierra y el Centro de transformación de la Nave Industrial dedicada a la fabricación de módulos fotovoltaicos.

La Nave estará situada en el Polígono Industrial Barranquiel, en el área industrial AR7A de Tafalla (Navarra).

## **4.2 CONDICIONES GENERALES:**

### **4.2.1 NORMAS GENERALES:**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **4.2.2 AMBITO DE APLICACIÓN:**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.2.3 CONFORMIDAD Y VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES:**

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.



#### **4.2.4 RESCISIÓN DEL CONTRATO:**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de Suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

#### **4.2.5 CONDICIONES GENERALES:**

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

### **4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:**

#### **4.3.1 DATOS DE LA OBRA:**

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota ó sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.



No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.

#### **4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE:**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando Nave Industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

#### **4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO:**

No se considerarán como mejoras ó variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y convenido precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### **4.3.4 PERSONAL:**

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único



responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general. El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### **4.3.5 ABONO DE LA OBRA:**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

### **4.4 CONDICIONES PARTICULARES:**

#### **4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES:**

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

#### **4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario,





deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

#### **4.4.3 PROTOTIPOS:**

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

#### **4.5 NORMATIVA GENERAL:**

- a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

**Nota:** en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que



realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

## **4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSION:**

### **4.6.1 OBJETIVO:**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables APRA la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

### **4.6.2 CONDICIONES GENERALES:**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

### **4.6.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO:**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### **4.6.4 TRAZADO DE ZANJAS:**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejan las llaves para la contención del terreno. Su ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

### **4.6.5 TENDIDO DE CONDUCTORES:**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.



En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por  $\text{mm}^2$  de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a  $0^{\circ}\text{C}$  no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Directo de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

#### **4.6.6 IDENTIFICACIÓN DEL CONDUCTOR:**

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305

#### **4.6.7 CIERRE DE ZANJAS:**

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

### **4.7 RECEPTORES:**

#### **4.7.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN:**

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

#### **4.7.2. RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN:**

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.



En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITC-BT-09 del RBT.

#### **4.7.3. CONEXIONES DE RECEPTORES:**

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

#### **4.7.4. RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN.**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.



Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

#### **4.7.5 MATERIALES AUXILIARES:**

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

### **4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES:**

#### **4.8.1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES:**

##### **4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES:**

El circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

##### **4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS:**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte onipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

#### **4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

#### **4.8.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierra. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

### **4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS:**

#### **4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS:**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.





- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

#### **4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS:**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección mas adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

##### **Clase A:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

##### **Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.



### **4.9.3. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO:**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores
  - 50 voltios en los demás casos
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES**

### **4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA:**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

#### **4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN:**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

#### **4.10.3. LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES:**

- a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o mas, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios
- b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro ocal donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

#### **4.10.4. FUENTES PROPIAS DE ENERGIA:**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

#### **4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS:**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

## **4.11 LOCAL:**

### **4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL:**

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, e el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre é el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabins de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.

- Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

#### **4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA:**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

#### **4.13 PUESTA A TIERRA**

##### **4.13.1 GENERALIDADES:**

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.



La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

#### **4.13.2 ENSAYOS:**

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

PRESUPUESTO

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## **5. PRESUPUESTO**

### **ÍNDICE**

5.1 CAPÍTULO I: ACOMETIDA .....	3
5.1.1 ACOMETIDA .....	3
5.2CAPÍTULO II: PROTECCIONES .....	4
5.2.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN. ....	4
5.2.2 CUADRO AUXILIAR 1. OFICINAS NORTE. ....	6
5.2.3 CUADRO AUXILIAR 1.1. PLANTA BAJA. ....	7
5.2.4 CUADRO AUXILIAR 1.2. PLANTA SEGUNDA. ....	9
5.2.5 CUADRO AUXILIAR 2. OFICINAS SUR.....	10
5.2.6 CUADRO AUXILIAR 3. ALUMBRADO ALMACÉN.....	11
5.2.7 CUADRO AUXILIAR 4. ALUMBRADO PRODUCCIÓN Y MUELLES. ....	12
5.2.8 CUADRO AUXILIAR 5. PRODUCCIÓN ESTE.....	13
5.2.9 CUADRO AUXILIAR 6. PRODUCCIÓN OESTE.....	15
5.2.10 CUADRO AUXILIAR 7. A CUADROS T.C. NAVE.....	16
5.2.11 CUADROS T.C. NAVE (9 UNIDADES).....	17
5.2.12 RESUMEN: PROTECCIONES .....	19
5.3 CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES .....	20
5.3.1 CONDUCTORES .....	20
5.3.2 TUBOS .....	21
5.3.3 CANALIZACIONES .....	22
5.3.4 RESUMEN: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES.....	23
5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA.....	24
5.4.1 PUESTA A TIERRA.....	24
5.5 CAPÍTULO V: ALUMBRADO.....	25
5.5.1 ALUMBRADO INTERIOR NAVE.....	25
5.5.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA .....	26
5.5.3 RESUMEN: ALUMBRADO INTERIOR, EXTERIOR Y DE EMERGENCIA ..	27
5.6 CAPÍTULO VI: TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS.....	28
5.6.1 TOMAS .....	28
5.7 CAPÍTULO VII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	29
5.7.1 OBRA CIVIL.....	29
5.7.2 CASETA DEL CENTRO .....	29
5.7.3 TRANSFORMADOR.....	29
5.7.4 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN .....	30



5.7.5 EQUIPO DE BAJA TENSION .....	31
5.7.6 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO .....	32
5.7.7 RESUMEN: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	34
5.8 CAPÍTULO VIII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....	35
5.8.1 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....	35
5.9 CAPÍTULO IX: SAI.....	36
5.9.1 SAI.....	36
5.10 CAPÍTULO X: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	37
5.10.1 SEGURIDAD Y SALUD .....	37
5.11 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN .....	39





## **5.1 CAPÍTULO I: ACOMETIDA**

### **5.1.1 ACOMETIDA**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Metros</b>	Cable RZ1-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: PRYSMIAN (1x300 mm <sup>2</sup> ) Cobre	180	56.61	10189.8
<b>Metros</b>	Cable RZ1-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: PRYSMIAN (1x150 mm <sup>2</sup> ) Cobre	60	33.51	2010.6
<b>Metros</b>	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 300 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	20	5.25	105
<b>Metros</b>	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	20	3.15	63
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	287.54	287.54
<b>TOTAL</b>				<b>12655.94</b>

## **5.2CAPÍTULO II: PROTECCIONES**

### **5.2.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Armario Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 1530x595x250 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	746.97	746.97
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva B, III+N Calibre 1250 A	1	3650.32	3650.32
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:320A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	642.02	642.02
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:250A Sensibilidad: 500 mA 4 polos	1	431.23	431.23
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:250A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	491.63	983.26
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:160A Sensibilidad: 500 mA 4 polos	1	322.18	322.18
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:100A Sensibilidad: 500 mA 4 polos	1	231.69	231.69
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:100A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	263.7	263.7



<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre:63A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	198.88	198.88
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 160 A.	1	330.17	330.17
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	1	210.93	210.93
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	3	487.32	1461.96
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 100 A	1	285.27	285.27
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 320 A	1	681.53	681.53
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	150	150
<b>TOTAL</b>				<b>10626.23</b>

## 5.2.2 CUADRO AUXILIAR 1. OFICINAS NORTE.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 1050x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	338.94	338.94
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva B, III+N Calibre 250 A	1	316.89	316.89
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	1	171.43	171.43
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	1	142.55	142.55
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	3	210.69	632.07
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	309.81	619.62
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	2	36.48	72.96
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	7	35.71	249.97



<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	3	35.45	106.35
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva B, F+N Calibre 32 A	4	53.27	213.08
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva B, F+N Calibre 50 A	2	58.28	116.56
<b>Unidades</b>	Telerruptor 230V, 16A, 1 NA	1	36.72	36.72
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	150	150
<b>TOTAL</b>				<b>3203.26</b>

### 5.2.3 CUADRO AUXILIAR 1.1. PLANTA BAJA.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	1	120.52	120.52
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	210.69	421.38



<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 20 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	121.85	121.85
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	115.85	115.85
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	309.81	309.81
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	5	33.86	169.3
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	5	32.69	163.45
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	4	33.53	134.12
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 32 A	3	49.28	147.84
<b>Unidades</b>	Telerruptor 230V, 16A, 1 NA	1	36.72	36.72
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	150	150
<b>TOTAL</b>				<b>2224.2</b>

#### 5.2.4 CUADRO AUXILIAR 1.2. PLANTA SEGUNDA.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva B, III+N Calibre 40 A	1	72.32	72.32
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	210.69	210.69
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 20 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	121.85	243.7
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	277.5	277.5
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	7	29.33	205.31
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	3	29.18	87.54
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	3	32.83	98.49
Unidades	Telerruptor 230V, 16A, 1NA	1	36.72	36.72
Unidades	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12



<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	150	150
<b>TOTAL</b>				<b>1715.63</b>

### 5.2.5 CUADRO AUXILIAR 2. OFICINAS SUR.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 1050x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	338.94	338.94
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	1	81.59	81.59
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	5	210.69	1053.45
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	115.85	231.7
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	10	31.34	313.4
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	2	29.12	58.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	2	30.69	61.38



<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	12	28.15	337.8
<b>Unidades</b>	Telerruptor 230V, 16A, 1NA	1	36.72	36.72
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	150	150
<b>TOTAL</b>				<b>2699.34</b>

### 5.2.6 CUADRO AUXILIAR 3. ALUMBRADO ALMACÉN.

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, III+N Calibre 250 A	1	282.34	282.34
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 125 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	327.59	655.18
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 40 A	3	54.53	163.59
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 40 A	3	52.27	156.81
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	2	35.53	71.06

<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 6 A	2	33.64	67.28
<b>Unidades</b>	Contactador 40 A, 230V	6	33.96	203.76
<b>Unidades</b>	Transformador schneider ABT7ESM04B 230V/24V	1	38.55	38.55
<b>Unidades</b>	Pulsadores marcha (verde) y paro (rojo)	12	12.34	148.08
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	120	120
<b>TOTAL</b>				<b>2240.01</b>

#### 5.2.7 CUADRO AUXILIAR 4. ALUMBRADO PRODUCCIÓN Y MUELLES.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	1	279.63	279.63
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 160 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	405.09	405.09
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	115.85	115.85

<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva B, F+N Calibre 63 A	3	87.52	262.56
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	7	29.18	204.26
<b>Unidades</b>	Contactador 40 A, 230V	3	33.96	101.88
<b>Unidades</b>	Transformador schneider ABT7ESM04B 230V/24V	1	38.55	38.55
<b>Unidades</b>	Pulsadores marcha (verde) y paro (rojo)	6	12.34	74.04
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	120	120
<b>TOTAL</b>				<b>1935.22</b>

### 5.2.8 CUADRO AUXILIAR 5. PRODUCCIÓN ESTE.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva B, III+N Calibre 100 A	1	115.18	115.18
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 50 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	3	242.86	728.58



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Daniel Goñi Eguaras  
Presupuesto

<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	4	82.67	330.68
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva B, III+N Calibre 50 A	1	75.45	75.45
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 50 A	2	79.32	158.64
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 6 A	4	58.36	233.44
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	100	100
<b>TOTAL</b>				<b>2075.33</b>

### 5.2.9 CUADRO AUXILIAR 6. PRODUCCIÓN OESTE.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 1050x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios.30 % de reserva.	1	338.94	338.94
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva B, III+N Calibre 250 A	1	472.89	472.89
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	3	105.35	316.05
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	9	129.33	1163.97
Unidades	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	82.67	165.34
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva B, F+N Calibre 40 A	2	87.99	175.98
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 40 A	1	89.99	89.99
Unidades	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva B, III+N Calibre 25 A	4	162.53	650.12

<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	5	167.53	837.65
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 6 A	2	121.94	243.88
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	120	120
<b>TOTAL</b>				<b>4610.93</b>

#### 5.2.10 CUADRO AUXILIAR 7. A CUADROS T.C. NAVE.

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Armario cofret Merlin Gerin, modelo Prisma G, de medidas 850x600x230 mm, incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva.	1	297.24	297.24
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva B, III+N Calibre 100 A	1	267.62	267.62
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 160 A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	3	362.57	1087.71
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	9	228.56	2057.04

<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	100	100
<b>TOTAL</b>				<b>3845.73</b>

### 5.2.11 CUADROS T.C. NAVE (9 UNIDADES).

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Armario metálico de distribución Marca: ABB Modelo: AT52 (120 módulos). Dimensiones: 824 x 574 x 140 30 % de reserva.	9	226.00	2034
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	9	81.59	734.31
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	9	277.50	2497.5
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	9	67.18	604.62
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4.5KA, curva C, F+N Calibre 16 A	27	30.69	828.63
<b>Unidades</b>	Base CETAC III+N+T Color rojo 32 A.	9	12.34	111.06
<b>Unidades</b>	Base CETAC II+T Color azul 16 A.	27	10.19	275.13
<b>Unidades</b>	Extintor de CO <sub>2</sub> , material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36.12	36.12



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Daniel Goñi Eguaras  
Presupuesto

<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	80	80
<b>TOTAL</b>				<b>7201.37</b>





## 5.2.12 RESUMEN: PROTECCIONES

<b>PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO II</b>	<b>IMPORTE (Euros)</b>
CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.	10626.23
CUADRO AUX. 1. OFICINAS NORTE.	3203.26
CUADRO AUX. 1.1. PLANTA BAJA.	2224.2
CUADRO AUX. 1.2. PLANTA SEGUNDA.	1715.63
CUADRO AUX. 2. OFICINAS SUR.	2699.34
CUADRO AUX. 3. ALUMBRADO ALMACEN.	2240.01
CUADRO AUX. 4. ALUMBRADO PRODUCCION Y MUELLES.	1935.22
CUADRO AUX. 5. PRODUCCION ESTE.	2075.33
CUADRO AUX. 6. PRODUCCION OESTE.	4610.93
CUADRO AUX. 7. A CUADROS T.C. NAVE.	3845.73
CUADRO AUX. T.C. NAVE ( 9 unidades)	7201.37
<b>TOTAL</b>	<b>42377.25</b>

## 5.3 CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

### 5.3.1 CONDUCTORES

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x120 mm <sup>2</sup> ) Cobre	525	21.30	11182.5
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x70 mm <sup>2</sup> ) Cobre	911	18.62	16962.82
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x35 mm <sup>2</sup> ) Cobre	770	9.90	7623
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x25 mm <sup>2</sup> ) Cobre	408	7.35	2998.8
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x16 mm <sup>2</sup> ) Cobre	3950	5.05	19947.5
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x10 mm <sup>2</sup> ) Cobre	2480	3.45	8556
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x6 mm <sup>2</sup> ) Cobre	390	2.50	975
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x4 mm <sup>2</sup> ) Cobre	1250	2.05	2562.5
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x2.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	8194	1.63	13356.22
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x1.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	3460	1.44	4982.4



<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	2640.12	2640.12
<b>TOTAL</b>				<b>91786.86</b>

### 5.3.2 TUBOS

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 25 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	180	0.45	81
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 20 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	1260	0,35	441
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	200	0,25	50
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	772.31	772.31
<b>TOTAL</b>				<b>1344.31</b>

**5.3.3 CANALIZACIONES**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Metros</b>	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	450	17.40	7830
<b>Metros</b>	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 300x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	495	14.80	7326
<b>Metros</b>	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 150x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	720	12.00	8640
<b>TOTAL</b>				<b>23796</b>



#### 5.3.4 RESUMEN: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

<b>PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO III</b>	<b>IMPORTE (Euros)</b>
CONDUCTORES	91786.86
TUBOS	1344.31
CANALIZACIONES	23796
<b>TOTAL</b>	<b>116927.17</b>



## **5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA**

### **5.4.1 PUESTA A TIERRA**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12.32	49.28
<b>Unidades</b>	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad. Incluso mano de obra.	4	26.27	105.08
<b>Metros</b>	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm de sección. Incluida parte proporcional de soldadura aluminotérmica CADWEL a la estructura metálica, empalmes y mano de obra.	425	6.15	2613.75
<b>Unidades</b>	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios y mano de obra.	1	21.63	21.63
<b>TOTAL</b>				<b>2789.74</b>



## **5.5 CAPÍTULO V: ALUMBRADO**

### **5.5.1 ALUMBRADO INTERIOR NAVE**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Luminaria Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU K IC SGR IP65 KIT + Lámpara Halogenuros metálicos Philips, modelo MASTER HPI Plus 400W/767 E40 BU. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	105	279	29295
<b>Unidades</b>	Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL- C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20 + lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	119	55.44	6597.36
<b>Unidades</b>	Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL- C/2P26W/840 I 230V L W2 IP44 + lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	4	61.40	245.6
<b>Unidades</b>	Luminaria de empotrar Philips Indolight, TBS330 TL-D + lámparas fluorescentes Philips modelo TL-D 18W/840 HFC. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	359	168	56722
<b>Unidades</b>	Luminaria estanca Philips Isolux-P 4IS120 + lámparas fluorescentes Philips modelo TL-D 58W. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	22	58	1276
<b>TOTAL</b>				<b>94135.96</b>



### 5.5.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Aparatos autónomos de emergencia Daisalux mod. ARGOS-MEN4 de 158 lm y 8W. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	125	50.44	6305
Unidades	Proyectores autónomos de emergencia estanco Normalux de 2x50w y 1.900 lm. Incluso mano de obra de colocación y conexionado.	11	410	4510
<b>TOTAL</b>				<b>10815</b>





### 5.5.3 RESUMEN: ALUMBRADO INTERIOR, EXTERIOR Y DE EMERGENCIA

<b>PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO V</b>	<b>IMPORTE (Euros)</b>
ALUMBRADO INTERIOR NAVE	94135.96
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	10815
<b>TOTAL</b>	<b>104950.96</b>



## **5.6 CAPÍTULO VI: TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS**

### **5.6.1 TOMAS**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Toma de corriente F+N+T de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	126	9,48	1194.48
<b>Unidades</b>	2 T.C. 16A (blancas) + 2 T.C. SAI 16A (rojas) + voz + datos con caja para empotrar. Marca: CIMABOX colocado y conexionado.	64	24.98	1598.72
<b>Unidades</b>	Interruptor unipolar. Marca: NIESSEN, serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	93	7.10	660.3
<b>Unidades</b>	Conmutador de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	90	8.20	738
<b>Unidades</b>	Pulsador luminoso de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	30	11.25	337.5
<b>TOTAL</b>				<b>4529</b>



## **5.7 CAPÍTULO VII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **5.7.1 OBRA CIVIL**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Metros cúbicos</b>	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 5,26m de largura, 3,18 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	9.36	855	855
<b>TOTAL</b>				<b>855</b>

### **5.7.2 CASETA DEL CENTRO**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-4. Incluyendo transporte y montaje	1	8360.07	8360.07
<b>TOTAL</b>				<b>8360.07</b>

### **5.7.3 TRANSFORMADOR**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Transformador trifásico de 800KVA 24 KV / 420 V Conexionado Dyn 11 Marca: Cotradis (Ormazabal) Refrigeración: natural. Aislamiento: aceite mineral. Peso: 2260 Kg, longitud: 1780 mm, anchura 1080 mm, altura 1395 mm. Incluyendo transporte y montaje	1	15600	15600
<b>TOTAL</b>				<b>15600</b>

**5.7.4 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA: Celda CGM-CML-24 Marca: ORMAZABAL. Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto del celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión. Características eléctricas: Vn = 24 kV, In = 400 A Características físicas: Ancho = 370 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 135kg Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	1245	1245
Unidades	CELDA DE MEDIDA: Celda CGM-CMM-24 Marca: ORMAZABAL. Tensión. Características eléctricas: Vn = 24 KV. Características físicas: Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 1025 mm, Peso = 180 Kg. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	4960	4960



<b>Unidades</b>	<b>CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES:</b>  Celda CGM-CMP-F-24 Marca: ORMAZABAL. Características eléctricas: Vn = 24 kV, In = 400 A Características físicas: Ancho = 420 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 125 Kg. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	4050	4050
<b>TOTAL</b>				<b>10255</b>

### 5.7.5 EQUIPO DE BAJA TENSION

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Armario metálico de distribución Marca: ABB Modelo: UK510SE con puerta metálica (14 módulos). Dimensiones: 335 x 350 x 95 30 % de reserva.	1	29.20	29.20
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Modelo: S502C16, poder de corte 50 KA, calibre 16 A, Bipolar. Curva: C.	3	100.02	300.08
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte 50 KA, calibre 1250 A, curva C.	1	4105.26	4105.26
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial + toroidal Marca: ABB Sensibilidad 1A, 1250 A.	1	2343.21	2343.21
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: ABB Modelo: F360 – tipo AC, sensibilidad 30 mA, 40 A, Bipolar.	1	37.73	37.73
<b>Unidades</b>	Luminaria Philips, modelo TBS 315 1xTL5-35W/840 HFP ODPI.	2	147	294



<b>Unidades</b>	Lámpara fluorescentes Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13.	2	4.62	9.24
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x2.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	11	2.04	22.44
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x1.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	22	1.44	31.68
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	15	0.25	3.75
<b>Unidades</b>	Luminaria de emergencia NORMALÚX STYLO, BLOQUE S-60, 4W.	1	24.57	24.57
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	42.63	42.63
<b>TOTAL</b>				<b>7244.61</b>

#### 5.7.6 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 5 x 3 m a 0.8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	980	980



<b>Unidades</b>	Tierra de servicio realizada en hilera con 21 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 8 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 3 m entre sí a 0.8 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0.6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	590	590
<b>TOTAL</b>				<b>1570</b>



### 5.7.7 RESUMEN: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

<b>PRESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO VII</b>	<b>IMPORTE (Euros)</b>
OBRA CIVIL	8002,8
CASETA DEL CENTRO	8360,07
TRANSFORMADOR	15600
APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	10255
EQUIPO DE BAJA TENSIÓN	7244.61
PUESTA A TIERRA DEL CENTRO	1570
<b>TOTAL</b>	<b>51032.48</b>





## **5.8 CAPÍTULO VIII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

### **5.8.1 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Batería de compensación automática, 200 KVar. Marca: ABB Modelo: CLMH-1, 400V.	1	4352	4352
<b>TOTAL</b>				<b>4352</b>



## **5.9 CAPÍTULO IX: SAI**

### **5.9.1 SAI**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Ud. S.A.I. monofásica de 5KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	3	1028	3084
<b>Unidades</b>	Ud. S.A.I. monofásica de 2KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	3	332	996
<b>TOTAL</b>				<b>4080</b>

## **5.10 CAPÍTULO X: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **5.10.1 SEGURIDAD Y SALUD**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Unidades</b>	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	5	3,73	18,65
<b>Unidades</b>	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	3	54,45	163,35
<b>Unidades</b>	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
<b>Unidades</b>	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
<b>Unidades</b>	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	2	3,14	6,28
<b>Unidades</b>	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	3	0,81	2,43
<b>Unidades</b>	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	2	3,12	6,24
<b>Unidades</b>	Juego de tapones antirruido de silicona ajustables. Certificado CE.	4	1,41	5,64
<b>Unidades</b>	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	2	2,80	5,6
<b>Unidades</b>	Chaleco de trabajo de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	13,50	27



<b>Unidades</b>	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	2,63	5,26
<b>Unidades</b>	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	1	5,89	5,89
<b>Unidades</b>	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	15,29	30,58
<b>Unidades</b>	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	4	1,40	5,6
<b>Unidades</b>	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	9,32	18,64
<b>Unidades</b>	Cinta balizamiento bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,62	14,88
<b>Unidades</b>	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	1	3,45	3,45
<b>Unidades</b>	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110. medida la unidad instalada.	1	22,84	22,84
<b>TOTAL</b>				<b>343,08</b>

**5.11 RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN**

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPÍTULO 1	ACOMETIDA	12.655,94
CAPÍTULO 2	PROTECCIONES	42.377,25
CAPÍTULO 3	CONDUCTORES, TUBOS PROTECTORES Y CANALIZACIONES	116.927,17
CAPÍTULO 4	PUESTA A TIERRA	2.789,74
CAPÍTULO 5	ALUMBRADO	104.950,96
CAPÍTULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	4.529
CAPÍTULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	51.032,48
CAPÍTULO 8	CONDENSADORES	4.352
CAPÍTULO 9	SAI	4.080
CAPÍTULO 10	SEGURIDAD Y SALUD	343,08
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>344.037,62</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	17.201,88
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	34.403,76
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>395.643,26</b>
	IVA (18%)	71.215,79
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA CON IVA</b>	<b>466.859,05</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	18.674,36
	DIRECCIÓN DE OBRA (4%)	18.674,36
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>504.207,77</b>

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de: “QUINIENTOS CUATRO MIL DOS CIENTOS SIETE EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO”

Pamplona, Febrero de 2011

Daniel Goñi Eguaras



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## **6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **ÍNDICE**

6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD: .....	3
6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA: .....	3
6.2.1 AUTOR: .....	3
6.2.2 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTOS: .....	3
6.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO: .....	3
6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN: .....	4
6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO: .....	4
6.5.1 EL TRABAJO: .....	4
6.5.2 LA SALUD: .....	5
6.5.3 LOS RIESGOS PROFESIONALES: .....	5
6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD: .....	7
6.6.1 FACTORES DE SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO: .....	7
6.6.2 MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO: .....	7
6.6.3 RIESGO ELÉCTRICO: .....	8
6.6.4 RIESGO DE INCENDIO: .....	8
6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO: .....	9
6.7.1. RUIDO: .....	9
6.7.2 VIBRACIONES: .....	9
6.7.3. RADIACIONES: .....	10
6.7.4 CONDICIONES TERMO-HIGIÉNICAS: .....	10
6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS: .....	10
6.8.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS: .....	10
6.8.2 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS: .....	11
6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN: .....	11
6.9.1 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS: .....	11
6.9.2 FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD: .....	12
6.10 ESPACIO DE TRABAJO: .....	12
6.11 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO: .....	12
6.11.1 NORMAS GENERALES: .....	12
6.11.2 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAÍDAS: .....	13
6.11.3. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES OCULARES: .....	13
6.11.4 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CORTE: .....	13
6.11.5 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTO: .....	14



6.11.6 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES: ...	14
6.11.7 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES: .....	14
6.11.8 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS NEUMÁTICAS: .....	15
6.11.9 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS: .....	15
6.11.10 PREVENCIÓN EN ALMACENAMIENTOS: .....	15
6.11.11 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS: .....	16



## **6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD:**

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas ( en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## **6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA:**

### **6.2.1 AUTOR:**

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero Daniel Goñi Eguaras, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

### **6.2.2 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTOS:**

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinticinco por lo que no se prevé que haya nunca más de veinte simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

## **6.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

Objetivos:

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

## **6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN:**

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales (temperatura y humedad)
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

## **6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO:**

### **6.5.1 EL TRABAJO:**

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal....

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).



Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

### **6.5.2 LA SALUD:**

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

### **6.5.3 LOS RIESGOS PROFESIONALES.**

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.

#### **a) Condiciones de trabajo:**

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Ellas son:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.



- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

b) Factores de riesgo:

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador. El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.
  - Lugar y superficie de trabajo.
  - Maquinas y equipos de trabajos.
  - Riesgos eléctricos
  - Manipulación, transporte,...
- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificada por el proceso de producción.
  - Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
  - Iluminación.
  - Ruido.
  - Vibraciones
  - Radiaciones (ionizantes o no)
- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:
  - Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
  - Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.
- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.
  - Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
  - Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,.....)



- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:

- Seguridad en el trabajo.
- Higiene industrial.
- Medicina del trabajo.
- Psicosociología.
- Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

## **6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD:**

### **6.6.1 FACTORES DE SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO:**

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...
  - Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
  - Señalización de seguridad y salud.
  - Instalaciones de servicio y protección
  - Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
  - Iluminación
- 
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
  - Material y locales de primeros auxilios.

### **6.6.2 MAQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO:**

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:



- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

### 6.6.3 RIESGO ELÉCTRICO:

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

### 6.6.4 RIESGO DE INCENDIO:

Antes de hincar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenador en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales, es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua
- Cloacas
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas
- Sistemas de semáforos
- Canalizaciones de servicios de refrigeración
- Canalizaciones de vapor
- Canalizaciones para hidrocarburos

Para paliar los riesgos antes citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.

Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder)
- Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión)
- Fuente de calor ( foco de calor)
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego)

Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

## **6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO:**

### **6.7.1. RUIDO:**

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hertzios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

### **6.7.2 VIBRACIONES:**

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo. Pueden producir varios efectos:

- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...)



- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas)
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

### **6.7.3. RADIACIONES:**

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos  $\gamma$ , partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita. Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo. Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.
- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

### **6.7.4 CONDICIONES TERMO-HIGIÉNICAS:**

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.

## **6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS:**

### **6.8.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS:**

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.





- Vía digestiva, todo el aparato digestivo mas las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidativos biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
- Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia)
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

## 6.8.2 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS:

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.

## **6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN:**

### **6.9.1 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS:**

1) Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.

2) Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **TAFALLA:** Centro de Salud (Ambulatorio)

Calle San Martín de Unx 9, 31300 Tafalla- 948 70 40 30

Distancia: 4,2 Km



- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00

Distancia: 40,3 Km.

## **6.9.2 FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD:**

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad. El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

## **6.10 ESPACIO DE TRABAJO:**

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

## **6.11 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO:**

### **6.11.1 NORMAS GENERALES:**

- a) Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento
- b) Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- d) El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- e) El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- f) Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- g) Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- h) Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriagarse.



- i) No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
- j) En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- k) Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- l) No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- m) Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- n) En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de protección personal.
- o) No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- p) Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,...
- q) Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

#### **6.11.2 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAIDAS:**

- a) Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- b) Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- c) No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
- d) Señalizar y/o tapar los huecos que suponga riesgos de caídas.
- e) Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- f) Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
- g) Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

#### **6.11.3. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES OCULARES:**

- a) Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- b) El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- c) Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- d) El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

#### **6.11.4 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CORTE:**

- a) En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
- b) Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.



- c) El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tableros punzantes, cortantes o con aristas vivas.
- d) Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

#### **6.11.5 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTO:**

- a) Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- b) Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- c) No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- d) Se debe tener precaución con el moviendo de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

#### **6.11.6 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES:**

- a) Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
- b) Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
- c) Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

#### **6.11.7 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES:**

- a) Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- b) Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- c) Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
- d) En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
- e) Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.

- f) En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

#### **6.11.8 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS NEUMÁTICAS:**

- a) Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ellos se deben revisar periódicamente.
- b) Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.
- c) Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
- d) No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

#### **6.11.9 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS:**

- a) Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- b) Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- c) No se debe hincar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas
- d) En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.

#### **6.11.10 PREVENCIÓN EN ALMACENAMIENTOS:**

- a) Al almacenar los materiales se deberá cuidar:
  - Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
  - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
  - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
- b) Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes
- c) Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
- d) Tipo de apilado:
  - Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
  - De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.



### 6.11.11 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS:

- a) Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
- b) Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado
- c) Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
- d) Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- e) No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- f) Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
- g) No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.
- h) Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
- i) Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:
  - Desconectar la corriente.
  - Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
  - Practicar la respiración artificial inmediatamente.
  - Avisar al médico.
- j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:
  - Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
  - Para utilizar un aparato o instalación eléctrico, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
  - No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.
  - En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
  - En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

## BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Daniel Goñi Eguaras

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, 24 de Febrero de 2011



## **7. BIBLIOGRAFÍA**

### **ÍNDICE**

7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS .....	2
7.2 CATÁLOGOS CONSULTADOS .....	3
7.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS .....	3





## **7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS**

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 3.275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales. 4<sup>a</sup> Edición.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
  - Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
  - Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
  - Canalizaciones, materiales de alta y baja tensión y centrales. Paul Hering.
  - Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
  - Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.

## **7.2 CATÁLOGOS CONSULTADOS**

**Se han consultado los siguientes catálogos:**

- Toda serie de catálogos ABB.
- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos ABB.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia NORMALUX.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catalogo de MERLIN GERIN.
- Catálogo de PRYSMIAN.
- Catálogo de Quintela.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc

## **7.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS**

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto.

Las páginas web son las siguientes:

- PIRELLI. (<http://www.pirelli.es>).  
**Conductores.**
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).  
**Edificio prefabricado para el centro de transformación, celdas modulares con aislamiento integral de (SF6) y transformador de potencia.**
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).  
**Lámparas y luminarias.**
- KLIK ELECTRO MATERIALES. (<http://www.klik.es>).  
**Picas de puesta a tierra.**
- INDUSTRIAS ARRUTI. (<http://www.arruti.com>).  
**Grapas y accesorios para la puesta a tierra.**
- TUBIFOR. (<http://www.directindustry.com>).  
**Tubos de PVC para canalizaciones.**



- FIBEX. (<http://www.directindustry.com>).  
**Tubos de XLPE para canalizaciones.**

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**



## **4. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **ÍNDICE**

4.1 OBJETO.....	3
4.2 CONDICIONES GENERALES: .....	3
4.2.1 NORMAS GENERALES:.....	3
4.2.2 AMBITO DE APLICACIÓN:.....	3
4.2.3 CONFORMIDAD Y VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES: .....	3
4.2.4 RESCISIÓN DEL CONTRATO:.....	4
4.2.5 CONDICIONES GENERALES:.....	4
4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:.....	4
4.3.1 DATOS DE LA OBRA: .....	4
4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE:.....	5
4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO:.....	5
4.3.4 PERSONAL: .....	5
4.3.5 ABONO DE LA OBRA: .....	6
4.4 CONDICIONES PARTICULARES: .....	6
4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES: .....	6
4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO.....	6
4.4.3 PROTOTIPOS:.....	7
4.5 NORMATIVA GENERAL: .....	7
4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN:.....	8
4.6.1 OBJETIVO: .....	8
4.6.2 CONDICIONES GENERALES:.....	8
4.6.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO: .....	8
4.6.4 TRAZADO DE ZANJAS:.....	8
4.6.5 TENDIDO DE CONDUCTORES: .....	8
4.6.6 IDENTIFICACIÓN DEL CONDUCTOR: .....	10
4.6.7 CIERRE DE ZANJAS:.....	10
4.7 RECEPTORES: .....	10
4.7.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN: .....	10
4.7.2. RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN:.....	10
4.7.3. CONEXIONES DE RECEPTORES:.....	11
4.7.4. RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN.....	11
4.7.5 MATERIALES AUXILIARES:.....	12
4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES: .....	12



4.8.1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES: .....	12
4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES: .....	12
4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS: .....	12
4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN: .....	13
4.8.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN: .....	13
4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS: .....	13
4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS: .....	13
4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS: .....	14
4.9.3. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO: .....	15
4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES .....	15
4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA: .....	15
4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN: .....	16
4.10.3. LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES: .....	16
4.10.4. FUENTES PROPIAS DE ENERGIA: .....	16
4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS: .....	16
4.11 LOCAL: .....	17
4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL: .....	17
4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA: .....	18
4.13 PUESTA A TIERRA .....	18
4.13.1 GENERALIDADES: .....	18
4.13.2 ENSAYOS: .....	19



## **4.1 OBJETO**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, toma tierra y el Centro de transformación de la Nave Industrial dedicada a la fabricación de módulos fotovoltaicos.

La Nave estará situada en el Polígono Industrial Barranquiel, en el área industrial AR7A de Tafalla (Navarra).

## **4.2 CONDICIONES GENERALES:**

### **4.2.1 NORMAS GENERALES:**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **4.2.2 AMBITO DE APLICACIÓN:**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.2.3 CONFORMIDAD Y VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES:**

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.



#### **4.2.4 RESCISIÓN DEL CONTRATO:**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de Suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

#### **4.2.5 CONDICIONES GENERALES:**

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

### **4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:**

#### **4.3.1 DATOS DE LA OBRA:**

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota ó sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.



No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.

#### **4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE:**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando Nave Industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

#### **4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO:**

No se considerarán como mejoras ó variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y convenido precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### **4.3.4 PERSONAL:**

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único





responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general. El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### **4.3.5 ABONO DE LA OBRA:**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

### **4.4 CONDICIONES PARTICULARES:**

#### **4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES:**

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

#### **4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario,



deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

#### **4.4.3 PROTOTIPOS:**

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

#### **4.5 NORMATIVA GENERAL:**

- a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

**Nota:** en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que



realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

## **4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSION:**

### **4.6.1 OBJETIVO:**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables APRA la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

### **4.6.2 CONDICIONES GENERALES:**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

### **4.6.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO:**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### **4.6.4 TRAZADO DE ZANJAS:**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejan las llaves para la contención del terreno. Su ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

### **4.6.5 TENDIDO DE CONDUCTORES:**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por  $\text{mm}^2$  de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a  $0^{\circ}\text{C}$  no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Directo de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

#### **4.6.6 IDENTIFICACIÓN DEL CONDUCTOR:**

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305

#### **4.6.7 CIERRE DE ZANJAS:**

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

### **4.7 RECEPTORES:**

#### **4.7.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN:**

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

#### **4.7.2. RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN:**

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.



En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITC-BT-09 del RBT.

#### **4.7.3. CONEXIONES DE RECEPTORES:**

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

#### **4.7.4. RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN.**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.



Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

#### **4.7.5 MATERIALES AUXILIARES:**

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

### **4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES:**

#### **4.8.1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES:**

##### **4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES:**

El circuito estará protegido contra los efectos de las sobreesntensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreesntensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreesntensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra corotocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

##### **4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS:**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte onnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.



Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

#### **4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

#### **4.8.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierra. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

### **4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS:**

#### **4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS:**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.





- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

#### **4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS:**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección mas adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

##### **Clase A:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

##### **Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

### **4.9.3. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO:**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores
  - 50 voltios en los demás casos
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES**

### **4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA:**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

#### **4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN:**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

#### **4.10.3. LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES:**

- a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o mas, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios
- b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro ocal donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

#### **4.10.4. FUENTES PROPIAS DE ENERGIA:**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

#### **4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS:**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

## **4.11 LOCAL:**

### **4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL:**

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, e el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre é el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabins de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.

- Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

#### **4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA:**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

#### **4.13 PUESTA A TIERRA**

##### **4.13.1 GENERALIDADES:**

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.



La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

#### **4.13.2 ENSAYOS:**

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

**Pamplona, Febrero de 2011**

**Daniel Goñi Eguaras**